

Henri Ehrola

# Ohjelmistoselvitys painelaitehitsauksen dokumentoinnin parantamiseksi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

4.5.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Henri Ehrola Ohjelmistoselvitys painelaitehitsauksen dokumentoinnin parantamiseksi 45 sivua + 3 liitettä 4.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaaja	Asiantuntija (IWE) Miika Saavalainen Lehtori Pekka Salonen
<p>Tämä insinöörityö toteutettiin Helen Oy:n Hanasaaren voimalaitoksen kunnossapidon toimeksiantona. Työn aiheena oli voimalaitoskunnossapidon painelaitehitsauksen laadunhallintaan liittyvä kehitystyö. Tavoitteena oli parantaa painelaitehitsauksen dokumentointia uuden ohjelmiston avulla.</p> <p>Voimalaitoksissa tehtävät hitsaustyöt ovat tarkkaan kolmannen osapuolen valvomia. Hitsauskoordinaattorit ja työnjohtajat joutuvat käsittelemään paljon eri dokumentteja, kuten hitsaajien pätevyystodistuksia, hitsausohjeita ja menetelmäkoepöytäkirjoja. Käsittelyn nopeuttamiseksi ja virheiden välttämiseksi dokumenttien käsittelemiseen on hyvä olla sitä varten kehitetty ohjelmisto.</p> <p>Työssä tehtiin selvitys eri hitsauksen laadunhallinta- ja dokumentointiohjelmistoista, tutustuttiin niiden ominaisuuksiin ja toimintaan sekä laadittiin niistä tiivistelmä. Tavoitteena oli, että tämän perusteella toimeksiantaja pystyy hankkimaan uuden ohjelmiston vanhan tilalle. Lisäksi työssä perehdyttiin painelaitteisiin, niiden säädöksiin, työn kannalta oleellisimpiin painelaitehitsausta koskeviin standardeihin sekä hitsauksen vaatimuksiin voimalaitosympäristössä ja digitalisaation vaikutuksiin hitsausalalla.</p> <p>Selvityksen perusteella yritys valitsi uuden ohjelmiston käyttöönsä, joten asetettuun tavoitteeseen päästiin. Jatkokehityksen aiheena olisi ohjelmiston käyttöönotto, jossa opeteltaisiin sen käyttäminen, järjestettäisiin käyttökoulutus sen käyttäjille, sekä siirrettäisiin tiedot vanhoista järjestelmistä uuteen.</p>	
Avainsanat	Hitsaus, painelaitteet, pätevyyskoe, hitsausohje, menetelmäkoe

Author Title Number of Pages Date	Henri Ehrola Improving the Documentation of the Welding of Pressure Equipment 45 pages + 3 appendices 4 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Program	Mechanical Engineering and Production Technology
Specialisation option	Energy and Environmental Engineering
Instructor(s)	Miika Saavalainen, Specialist IWE Pekka Salonen, Senior Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by Helen Ltd:s Hanasaari power plant. The topic was development work, concerning the quality management of welding in power plant environments. The aim was to facilitate the documentation of the welding of pressure equipment with new software.</p> <p>Welding processes in power plant are strictly controlled by a third party. Welding coordinators and supervisors have to handle different documents, such as welders' certifications, Welding Procedure Specifications (WPS) and Welding Procedure Qualification Records. (WPQR) The right kind of welding management software makes it easier to handle documents and reduce mistakes.</p> <p>The study was carried out as follows. Firstly, different welding quality management and documentation software programs were examined. Their properties were familiarized with, and it was investigated how they operate. Finally, a summary of the software programs was made. The aim of the project was to ensure the commissioning of the new software by the company. Additionally, this thesis examines pressure equipment, directives and standards related to pressure equipment welding. The welding requirements in power plant environments and the effects of digitalization on the welding sector were studied as well.</p> <p>As a result of this Bachelor's thesis, the company chose new software, and therefore the objective was achieved. In future, the implementation of the new software will be carried out. In addition, future training should be arranged for the company staff. The training should include tuition how to use the software. Finally, transferring data from old systems to the new system should be carried out.</p>	
Keywords	Welding, pressure equipment, welder certification WPS, WPQR

# Sisällys

## Symboli- ja lyhenneluettelo

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	1
1.2	Helen Oy	2
1.2.1	Yrityksen toiminta	2
1.2.2	Energiantuotanto	2
2	Painelaitteet ja niitä koskevat määräykset	3
2.1	Painelaitteiden luokittelu ja turvallisuusvaatimukset	4
2.2	Painelaitehitsauksen uudet asetukset	10
2.3	Painelaitedirektiivi	11
3	Olennaisia standardeja painelaitteiden hitsauksessa	13
3.1	SFS-EN ISO 9606	13
3.2	SFS-EN ISO 15614	14
3.3	SFS EN 1090	15
3.4	SFS-EN ISO 3834	15
4	Painelaitehitsauksen vaatimukset sekä hitsauksen laadunhallinta	16
4.1	Digitalisaatio hitsauksen kehittämisessä	16
4.2	Hitsaajien pätevyyydet	17
4.3	Hitsausohjeet	19
4.4	Menetelmäkokeet	20
4.5	Hitsien tarkastaminen NDT-menetelmillä	20
4.6	Hitsattavat kohteet ja materiaalit	22
5	Ohjelmiston hankkiminen	24
5.1	Nykytilanne	24
5.2	Kriteerit ohjelmiston valinnalle	26
5.3	Caresoft Hitsari Pro Server	28
5.3.1	Ohjelmiston esittely ja koekäyttö	29
5.3.2	Tiivistelmä ohjelmistosta	34
5.4	Kemppi WeldEye	35
5.4.1	Ohjelmiston esittely	37
5.4.2	Tiivistelmä ohjelmistosta	40
6	Yhteenveto	41
	Lähteet	43

## Liitteet

Liite 1. Hitsaajan pätevyystodistus

Liite 2. Hitsausohje pWPS

Liite 3. WPQR-dokumentit

## Symboli- ja lyhenneluettelo

CE	Conformité Européenne, valmistajan vakuutus, että tuote täyttää sitä koskevien direktiivien vaatimukset
DN	Putken nimelliskoko (mm)
EN	European Standard
ISO	International Organization for Standardization
MT	Magnetic Particle Testing
NDT	Nondestructive Testing
PS	Paine (bar)
PT	Penetrant Testing
pWPS	Preliminary Welding Procedure Specification
RT	Radiography Testing
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
Tukes	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
UT	Ultrasonic Testing
VT	Visual Testing
WPQR	Welding Procedure Qualification Record
WPS	Welding Procedure Specificati

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Hitsaamista ja erityisesti painelaitehitsausta säädellään sekä valvotaan tarkasti direktiivien ja säädösten avulla. Voimalaitoskunnossapidon painelaitehitsaustyöt ovat tarkkaan kolmannen osapuolen valvomia ja hyväksymiä. Erityisesti hitsauskoordinaattorit ja kunnossapitomestarit joutuvat käsittelemään paljon dokumentteja, joilla varmistetaan asianmukainen työskentely vaativissakin toimintaympäristöissä. Perinteinen dokumentointi on aikaa vievää ja kasvattaa virheiden mahdollisuutta, kun asiakirjoihin pitää syöttää paljon tietoja manuaalisesti. Teollinen internet on kuitenkin helpottanut merkittävästi asioiden käsittelemistä myös hitsausalalla. Alan markkinoilta löytyy ratkaisuja, joilla saadaan parannettua hitsauksen dokumentaatiota ja laadunhallintaa. Hitsausprosesseja pystytään seuraamaan sekä raportoimaan entistä tarkemmin, monesti jopa reaaliaikaisesti, ja virheisiin pystytään puuttumaan nopeammin. Pilvipalveluina toimivat ohjelmistot mahdollistavat prosessien hallinnoimisen etänä sekä kenttäolosuhteissa kämmentietokoneilla ja älypuhelimilla.

Insinööriyön teoriaosuudessa paneudutaan ensiksi painelaitteen määritelmään, uudistuneeseen painelaitedirektiiviin sekä painelaitehitsausta koskeviin säädöksiin. Toiminta on hyvin säädeltyä lainsäädännön ja standardien avulla, joten käydään läpi työn kannalta olennaisimpia standardeja, jotka koskevat voimalaitosympäristössä painelaitehitsauksen parissa työskenteleviä. Teoriaosuuden loppupuoella käsitellään digitalisaation vaikutusta hitsauksen laadunhallintaan ja johtamiseen sekä painelaitehitsauksen vaatimuksia. Painelaitehitsauksessa vaadittavien asiakirjojen käsittelyn tehostaminen on keskeinen syy tälle insinööriyölle.

Työn käytännön osuudessa tehdään kartoitus alan ohjelmistoista, jonka perusteella otetaan tarkempaan käsittelyyn ohjelmistot, joiden hankkiminen voisi tulla kysymykseen. Ohjelmistoista laaditaan tiivistelmä kumpaankin ohjelmistoon tutustumisesta, ohjelmistoesittelyn ja koekäytön perusteella. Tavoitteena on tehdä selvitys sopivista ohjelmistoista, jonka perusteella toimeksiantaja pystyy ottamaan käyttöön uuden ohjelmiston.

## 1.2 Helen Oy

### 1.2.1 Yrityksen toiminta

Helen Oy on Helsingin kaupungin omistama energia-alan yritys. Konserni muodostuu emoyhtiö Helen Oy:stä, sen täysin omistamista Helen Sähköverkko Oy:stä ja Oy Mankala Ab:sta. Tytäryhtiöitä ovat lisäksi Suomen Energia-Urakointi Oy, josta se omistaa 60 % sekä Helsingin Energiatunnelit Oy, josta omistus on 90 %. Näiden lisäksi Helen Oy:llä on useita muita omistuksia, joista merkittävimmät ovat yrityksistä Voimapiha Oy, EPV Energia Oy, Kemijoki Oy ja Pohjolan Voima Oy. [1.]

Helen Oy:llä on yli 400 000 asiakasta ympäri Suomea, ja se on yksi Suomen suurimmista energia-alan yrityksistä työllistäen noin 1 300 henkilöä. Vuonna 2016 yrityksen liikevaihto oli 782 miljoonaa euroa, josta voittoa 75 M€. [1.]

### 1.2.2 Energiantuotanto

Helenillä on kolme yhteistuotantovoimalaitosta, jotka sijaitsevat Helsingin Vuosaarella, Hanasaarella ja Salmisaarella. Vuosaaren voimalaitos käyttää polttoaineena maakaasua, Salmisaaren ja Hanasaaren voimalaitokset käyttävät pääpolttoaineena kivihiiltä, jonka seassa poltetaan pellettiä. Helen hoitaa kaukolämmöllä yli 90 % Helsingin lämmöntarpeesta. Yli 90 % kaukolämmöstä tuotetaan voimalaitoksissa, mutta pakkaskausina käytetään lisäksi lämpökeskuksia, joita Helenillä on ympäri Helsinkiä sijoiteltuna yhteensä 11 kappaletta. Taulukossa 1 näkyy Helenin voimalaitosten sähkön- ja lämmön tuotannon kapasiteetti sekä lämpökeskusten yhteen laskettu lämpöteho. [2.]

*Taulukko 1 Helenin voimalaitosten tuottama sähkö- ja lämpöteho sekä voimalaitosten yhteenlaskettu lämpöteho*

Voimalaitos	Sähköteho (MW)	Lämpöteho (MW)
Hanasaari	220	420
Salmisaari	160	300
Vuosaari	630	580
Lämpökeskukset (yht.)	0	2200



Kaukolämmön lisäksi Helen tarjoaa myös kaukojäähdytystä Helsingissä kantakaupungin alueella yrityksiin ja kotitalouksiin. Kaukojäähdytys on Helenin nopeimmin kasvava liiketoiminnan osa-alue. 80 % kaukojäähdytyksestä tuotetaan energialähteistä, joita ei muuten hyödynnettäisi, kuten kylmästä merivedestä ja jätevesistä. Helsingissä sijaitsevan Katri Valan puiston alla on lämpöpumppulaitos, jonka jäähdytysteho 60 MW. Lisäksi Pasilassa ja Esplanadin puiston alla sijaitsevat maanalaiset jäähdytysvesivarastot, joiden yhteenlaskettu tilavuus on noin 36 miljoonaa litraa [3.]

## **2 Painelaitteet ja niitä koskevat määräykset**

Painelaitteita löytyy niin teollisuudesta kuin kotitalouksista. Turvallisuus ja kemikaalivirasto (Tukes) ylläpitää Suomen painelaiterekisteriä, jossa on noin 40 000 rekisteröityä painelaitetta. Tukes myös vastaa Suomessa painelaitteiden markkinanvalvonnasta sekä painelaitteiden turvallisuuteen liittyvistä asioista. [4.]

Valtioneuvoston asetuksen 1548/2016 (vanha KTMP 938/1999) perusteella painelaitteiksi luokitellaan höyry- ja kuumavesikattilat, varolaitteet, putkistot, säiliöt sekä erilaiset paineenalaiset lisälaitteet, joiden suurin sallittu käyttöpaine on yli 0,5 bar. Päätöstä ei sovelleta esimerkiksi yksinkertaisiin painesäiliöihin tai aerosolipakkauksiin. Sitä ei myöskään sovelleta kaukolämpöveden siirtoputkistoihin. On kuitenkin huomioitava, että asetusta sovelletaan kaukolämpöveden pumppausasemilla ja voimalaitosalueella putkistoihin, venttiileihin, paineensäätimiin ja vastaaviin standardipainelaitteisiin. Monesti painelaitteet ovat laitekokonaisuuksia, koska ne muodostuvat useasta yksittäisestä painelaitteesta. [5.]

## 2.1 Painelaitteiden luokittelu ja turvallisuusvaatimukset

Käytännön helpottamiseksi painelaitteita ja laitekokonaisuuksia luokitellaan eri luokkiin. Suunnittelua ja valmistusta varten luokittelu tehdään kahteen eri ryhmään:

1. Suunnittelussa ja valmistuksessa on noudatettava olennaisia turvallisuusvaatimuksia
2. Suunnittelussa ja valmistuksessa on noudatettava hyvää konepajakäytäntöä. [5.]

*Hyvään konepajakäytäntöön* viitataan usein painelaitteista puhuttaessa. Painelaitedirektiivissä sekä Turvallisuus- ja kemikaaliviraston ohjeistuksissa kehoitetaan käyttämään hyvää konepajakäytäntöä, mikäli painelaitetta ei luokitella tässä työssä myöhemmin käsiteltäviin luokkiin I - IV. Hyvällä konepajakäytännöllä ajatellaan usein tarkoitettavan, että painelaitteen suunnittelussa otetaan huomioon kaikki turvallisuuteen vaikuttavat tekijät ja sen lisäksi se valmistetaan, tarkastetaan sekä toimitetaan käyttöohjeineen siten, että se toimii turvallisesti sille suunnitellun käyttöiän. Etsittäessä tarkkaa määrittelyä sille, mitä hyvällä konepajakäytännöllä tarkoitetaan, löytyy siitä huonosti tietoa suomenkielisistä lähteistä. Termi ei ole universaali, vaan jokaisella valtiolla on hieman toisistaan poikkeavat määritelmänsä sille, joten on outoa, että suomeksi ei ole helposti saatavilla olevaa määritelmää, vaikka termiä käytetään virallisissa ohjeistuksissa ja painelaitedirektiivissä.

Silloin, kun on noudatettava olennaisia turvallisuusvaatimuksia painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien kanssa, luokitellaan ne neljään eri luokkaan I – IV. Luokituksen tekoa varten on tiedettävä seuraavat asiat:

- painelaitteen tyyppi
- suurin sallittu käyttöpaine (PS) ja nimellissuuruus (DN) tai tilavuus (V) tapauksesta riippuen
- sisältö, onko se kaasua vai nestettä
- sisällön vaarallisuus: ryhmän 1 vai ryhmän 2 sisältö.

Mikäli painelaite luokitellaan luokkiin I - IV on olennaisten turvallisuusmääräysten täyttymisestä huolehdittava, ennen kuin tuote voidaan päästää markkinoille. Taulukoista 2 ja 3 selviää painelaitteiden vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely. Arviointimenettely

eli moduuli tai moduuliyhdistelmä valitaan painelaitteen luokan mukaan. Korkeamman moduulin käyttö on mahdollista, mikäli valmistaja näin haluaa. Esimerkiksi luokkaan I luokitellussa painelaitteessa voidaan käyttää luokan IV arviointimenettelyjä. Taulukossa 2 näkyy moduulien sopivuus eri painelaiteluokille ja taulukossa 3 kuvaus jokaisesta moduulista. [4; 5.]

*Taulukko 2 Moduulien sopivuus painelaiteluokille*

Luokka I	Luokka II	Luokka III	Luokka IV
A	A2	B + D	B + D
	D1	B + F	B + F
	E1	B + E	G
		B + C2	H1
		H	

Taulukko 3 Moduulien arviointimenettely sekä kuvaus kustakin moduulista

	Arviointimenettely	Kuvaus
<b>A</b>	Sisäinen tuotannonvalvonta	Valmistaja laatii tekniset asiakirjat ja tekee loppuarvioinnin
<b>A2</b>	Sisäinen tuotannonvalvonta ja valvotut painelaitetarkastukset satunnaisin väliajoin.	Valmistaja laatii tekniset asiakirjat ja tekee loppuarvioinnin, jota ilmoitettu laitos valvoo.
<b>B</b>	EU-tyyppitarkastus (tuotantotyyppi)	Ilmoitettu laitos tarkastaa tyyppin vaatimuksenmukaisuuden.
<b>B</b>	EU-tyyppitarkastus (suunnittelutyyppi)	Ilmoitettu laitos tarkastaa suunnitelman vaatimuksenmukaisuuden.
<b>C2</b>	Sisäisen tuotannonvalvontaan perustuva tyyppimukaisuus ja satunnaisin väliajoin suoritettavat valvotut painelaitetarkastukset	Valmistaja tekee loppuarvioinnin, jota ilmoitettu laitos valvoo.
<b>D</b>	Tuotantoprosessin laadunvarmistukseen perustuva tyyppimukaisuus	Valmistaja soveltaa valmistuksessa, testauksessa, ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja valvoja on ilmoitettu laitos.
<b>D1</b>	Tuotannon laadunvarmistus	Valmistaja laatii tekniset asiakirjat sekä soveltaa valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos.
<b>E</b>	Painelaitteiden laadunvarmistukseen perustuva tyyppimukaisuus	Valmistaja soveltaa testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos.
<b>E1</b>	Painelaitteiden lopputarkastuksen ja testauksen laadunvarmistus	Valmistaja laatii tekniset asiakirjat sekä soveltaa testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos.
<b>F</b>	Painelaitteen tarkastukseen perustuva tyyppimukaisuus	Ilmoitettu laitos tekee tuotekohtaisen loppuarvioinnin.
<b>G</b>	Yksikkökohtaiseen tarkastukseen perustuva vaatimuksenmukaisuus	Ilmoitettu laitos tekee tuotteen suunnitelman ja loppuarvioinnin.
<b>H</b>	Täydelliseen laadunvarmistukseen perustuva vaatimuksenmukaisuus	Valmistaja soveltaa suunnittelussa, valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos.
<b>H1</b>	Täydelliseen laadunvarmistukseen ja suunnittelun tarkastukseen perustuva vaatimuksenmukaisuus	Valmistaja soveltaa suunnittelussa, valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos. Lisäksi ilmoitettu laitos tekee suunnitelmatarkastuksen ja valvoo loppuarviointia.

CE-merkinnällä ilmoitetaan, että painelaite tai laitekokonaisuus on suunniteltu ja valmistettu olennaisia turvallisuusvaatimuksia noudattaen ja että vaatimuksenmukaisuuden arviointi on suoritettu. CE-merkintä ja muut tarpeelliset merkinnät tulee kiinnittää painelaitteeseen näkyvälle paikalle ja sen tulee olla helposti luettavissa. Muita merkintöjä ovat valmistusvuosi, valmistaja, sarja- tai eränumero ja valmistusnumero, olennaisimmat raja-arvot sekä ilmoitetun laitoksen tunnusnumero, jos ilmoitettu laitos on ollut mukana valmistuksen tarkastusvaiheessa eli luokkien II, III ja IV arviointimenettelyssä. Kuvassa 1 on Hanasaaren voimalaitoksen apukattilan CE-merkintä sekä stanssattuna muut tarpeelliset merkinnät, kuten maksimipaine ja kattilan tilavuus. [4.]



Kuva 1 Clayton-apukattilan CE-merkintä sekä muut tarpeelliset painelaitteen merkinnät

Kuvassa 2 on Hanasaaren voimalaitoksen syöttöveden esilämmittimen tyyppikilpi kuvattuna paineastian kyljestä. Kilven on oltava näkyvällä paikalla, ja siitä täytyy olla helposti luettavissa tarvittavat tiedot.



Kuva 2 Syöttöveden esilämmittimen tyyppikilpi

Hanasaaren voimalaitoksen painelaittearkistosta löytyy jokaisesta painelaitteesta kansio, jossa on kyseisen painelaitteen piirustukset, paineastiakortti sekä tiedot tehdyistä muutostöistä. Paperiversioita tehdyistä muutostöistä painelaitteisiin tulee säilyttää 10 vuotta. Yrityksellä on vastuuhenkilö, esimerkiksi hitsauskoordinaattori, joka vastaa omalla allekirjoituksellaan siitä, että muutostyöstä on tehty suunnitelma, suunnitelmaa on noudatettu ja työ on tehty huolellisesti turvallisuusmääräysten mukaan. Kuvassa 3 on syöttöveden esilämmittimen paineastiakortti, josta löytyvät samat tiedot kuin tyyppikilvestä sekä lisäksi muun muassa huomioita tehdyistä muutostöistä ja astian viimeisimmästä sekä seuraavasta tarkastuksesta.

PAIT PAINEASTIAKORTTI

Sivu 1 ( 2 )

27.11.2014

**HELSINGIN ENERGIA****LAITE/LAITEPAIKKARAPORTTI**

LAITE: 598475 LAITENIMI: SYÖTTÖVEDEN ESILÄMMITIN ,SV-ESIL 43

PAIKKA: HB4RF10W01+ SYÖTTÖVEDEN ESILÄMMITIN ,SV-ESIL 43  
PAIKAN Sijainti: +9,10-32-177

LAITELAJE: PAINESÄILIÖ LAITTEEN KANSIO:

LAITTEEN TYPPI: PYSTYSÄILIÖ 1700X8150

VALMISTUSNUMERO: 4308 PAIKAN KANSIO:

REKISTERINUMERO: A43993 SARJANUMERO:

**LAITTEEN KENTÄT:** HAB4 P24 RS- 854572  
PAINEASTIA- ARKISTO: KOKONAISTILAVUUS M3: 15,2  
PAINEASTINA TEHO MW:

SISÄLTÖ TILA 1: SYÖTTÖVESI SISÄLTÖ TILA 2: HÖYRY / RC  
SUURIN SALL. KÄYTTÖP. BAR TILA 1: 294 SUURIN SALL. KÄYTTÖP. BAR TILA 2: 62,7  
KOEPAINEN BAR TILA 1: 382 KOEPAINEN BAR TILA 2: 82  
NORM.K. BAR TILA 1: 182 NORM.K. BAR TILA 2: 48  
KORK /ALIN LÄMPÖTILA C TILA 1: +270 / - KORK /ALIN LÄMPÖTILA C TILA 2: +280 / -  
TILAVUUS NESTEENÄ M3 TILA 1: 1,7 TILAVUUS NESTEENÄ M3 TILA 2: 13,5  
TILAVUUS KAASUNA M3 TILA 1: TILAVUUS KAASUNA M3 TILA 2: 150 / 150  
YHTEET TULO/MENO DN TILA 1: 300 / 300 YHTEET TULO/MENO DN TILA 2:

TARKASTUSLAJIN KOODI: SEURAAVA TARKASTUSPVM:  
EDELLINEN TARKASTUSPVM:

VAROLAITTEET: 2 KPL JOUSIKUORM  
KOODI NS/AVP1: TILA1 4RL10S23 NS10 290 BAR  
KOODI NS/AVP2: TILA2 4RF10S04 NS80 59 BAR  
KOODI NS/AVP3:

VALMISTAJA: TATRA KOLIN TSEKKOSLOVAKI  
HANKKIJAJA: TURBIMA OY

PIIRUSTUS 1: SKODA KO 041372  
PIIRUSTUS 3:  
HAKU: HB4 SV-ESIL.43

HINTA:

PIIRUSTUS 2:  
PIIRUSTUS 4:

**PAIKAN KENTÄT:**

SISÄLLÖN TILA 1: SYÖTTÖVESI  
NORM.K.PAINE BAR TILA 1: 182

SISÄLTÖ TILA 2: HÖYRY/RC  
NORM.K.PAINE BAR TILA 2: 48

PIIRUSTUS 1: SKODA KO 041372  
PIIRUSTUS 3:

PIIRUSTUS 2:  
PIIRUSTUS 4:

**LAITTEEN LISÄTIEDOT:**

RAK.AINEET:  
(KTS PIIR JA AINESTOD) VAIPPA JA PÄÄDYT CSN15225.1 S=30/32MM, tuubit 24x4 FE  
TARK.AUKKO:AVATTAVA ESIL.(HUOM. HITSATTU TIIVISTE)

Lämmönvaihdin avattu v-93.

SISÄP.- JA KÄYTTÖTARK. 1997:  
-TEHTY PUTKIPUOLEN TIIVYYSKOE 300 BAR SAMANAIKAISESTI SV-ESIL.41 JA 42 KANSSA

**ARTTU KKORTT14**PAIT PAINEASTIAKORTTI

Sivu 2 ( 2 )

27.11.2014

**HELSINGIN ENERGIA**

Kuva 3 Paineastiakortti Helenin painelaitearkistosta



## 2.2 Painelaittehitsauksen uudet asetukset

Painelaitteiden korjaus- ja muutostöihin hitsaamalla sovelletaan valtioneuvoston asetuksen 1549/2016 pykälää 17 (Vanha KTMP 953/1999). Päätöksen mukaan painelaitteiden hitsauksessa on käytettävä vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyä. Moduulit perustuvat aiemmin läpi käytyihin moduuleihin. Taulukosta 4 käyvät ilmi asennus-, korjaus- ja muutostyön vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyt, mikäli painelaitteen paineenkestoon vaikuttavaa rakennetta hitsataan, lämpökäsitellään tai muutoin muutetaan sen ominaisuuksia. Tarkastukset suorittaa hyväksytty tarkastuslaitos ja omatarkastuslaitos. Omatarkastuslaitos saa tehdä tarkastuksen vain moduuleille A, F ja G. [4.]

*Taulukko 4 Vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyt*

Rekisteröitävät painelaitteet	<b>B + F</b> <b>G</b> <b>H1</b>
Muut painelaitteet (esim. putkistot)	<b>A</b> <b>E1</b>
Tarkastuslaitoksen tapauskohtaisesti hyväksyessä	Muu tarkoituksenmukainen moduuli



## 2.3 Painelaitedirektiivi

Euroopan parlamentti ja neuvosto antoivat 15.5.2014 uuden suunnittelua, valmistusta ja vaatimuksenmukaisuuden arviointia koskevan painelaitedirektiivin 2014/68/EU. Uusi direktiivi tuli kokonaisuudessaan voimaan 19.7.2016 ja täten kumosi vanhan vuodesta 1999 käytössä olleen painelaitedirektiivin. Huomioitavaa kuitenkin on, että uudessa direktiivissä oli siirtymäaika, eikä sitä käytännössä otettu heti käyttöön. Esimerkiksi Suomen eduskunnan päätöksen mukaisesti säädettiin Suomen painelaitelakia joulukuussa 2016 uuden painelaitedirektiivin mukaiseksi. Uuden painelaitelain nojalla valtioneuvosto antoi voimassa olevan asetuksen 29.12.2016/1548 painelaitteista. Olennainen syy uuden direktiivin antamiseen oli direktiivin sopeuttaminen Euroopan parlamentin ja neuvoston aikaisemmin antamien asetusten mukaiseksi. [7]; [8.]

Painelaitedirektiivi 2014/68/EU toi huomattavia muutoksia vanhaan direktiiviin 97/23/EY. Siinä ei ole kuitenkaan muutettu direktiivin soveltamisalaa, luokittelukuvia, olennaisia turvallisuusvaatimuksia tai painelaitteiden teknisiä vaatimuksia. Direktiivi määrittelee painelaitteelle toimitusketjun, joka on valmistajat, valtuutetut edustajat, maahantuojat ja jäljelijat. Painelaittevalmistajien vastuuta ja velvoitteita tarkennettiin muun muassa tuotteiden merkitsemisen, tuotetietojen, talouden toimijatietojen sekä dokumenttien säilyttämisen osalta. Laitteen valmistajalla on edelleen suurin vastuu sen vaatimustenmukaisuudesta, mutta ketjun jokaisella osalla on vastuu varmistaa, että laite todella täyttää sille annetut kriteerit. Taulukosta 5 käyvät ilmi toimijoiden velvollisuudet painelaitteen osalta. [9.]

Myös painelaitedirektiivin moduuleihin on tullut muutoksia. Muutaman moduulin tunnuksset ovat muuttuneet ja laatujärjestelmämoduulien vaatimukset päivitetty. Uuden direktiivin mukaan valmistajan pitää vaara-analyysin lisäksi tehdä riskianalyysi ja riskin arviointi, jotka tulee sisällyttää painelaitteen asiakirjoihin. Uuden direktiivin on myös tarkoitus parantaa tuotteen jäljitettävyyttä. Sitä on parannettu uudistamalla vaatimustenmukaisuusvakuutuksen sisältö vastaamaan muiden tuotedirektiivien (CE) vakuutusta. [9.]

Taulukko 5 Eri toimijoiden velvollisuudet painelaitteiden kanssa [9.]

Taloudentoimijoiden velvollisuuksia	Valmistaja	Valtuutettu edustaja	Maahantuoja	Jakelija
Asettaa saataville markkinoilla vain vaatimustenmukaisia tuotteita	x	x	x	x
CE-merkintä				
- kiinnittää	x	(x)		
- tarkistaa		x	x	x
EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus				
- laatii ja säilyttää 10 vuoden ajan	x	(x)		
- pitää saatavilla 10 vuoden ajan		x		
- säilyttää jäljennöksen 10 vuoden ajan			x	
- antaa pyynnöstä viranomaiselle	x	x	x	x
Tekniset asiakirjat				
- laatii ja säilyttää 10 vuoden ajan	x			
- varmistaa saatavuuden 10 vuoden ajan		x	x	
- antaa pyynnöstä viranomaiselle	x	x	x	x
Vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyt				
- suorittaa	x			
- varmistaa, että on suoritettu			x	
Varmistaa, etteivät varastointi- ja kuljetusolosuhteet vaaranna tuotteen vaatimustenmukaisuutta	x	(x)	x	x
Pitää kirjaa vaatimustenvastaisista laitteista ja tiedottaa tarvittaessa niistä jakelijoille	x	(x)	x	
Varmistaa, että tuotteessa on tyyppi-, erä- tai sarjanumero tai muu merkintä, jonka ansiosta se voidaan tunnistaa	x	(x)	x	x
Ilmoittaa tuotteessa nimensä, rekisteröidyn tuotenimensä tai rekisteröidyn tavaramerkkinsä sekä osoitteen, josta siihen saa yhteyden	x		x	
Varmistaa, että tuotteessa on valmistajan ja/tai maahantuojan nimi, rekisteröity tuotenimi tai rekisteröity tavaramerkki sekä osoite, johon valmistajaan ja/tai maahantuojaan saa yhteyden		(x)	x	x
Jos epäilee, että tuote on vaatimustenvastainen, ryhtyy toimiin	x	(x)	x	x
Tekee yhteistyötä viranomaisen kanssa	x	x	x	x
Säilyttää 10 vuoden ajan viimeisen tuotteen markkinoille saattamisesta tunnistetiedot taloudentoimijoista, joille se on toimittanut tuotteita.	x	x	x	x
Säilyttää 10 vuoden ajan viimeisen tuotteen markkinoille saattamisesta tunnistetiedot taloudentoimijoista, jotka ovat toimittaneet sille tuotteita.			x	x

### 3 Olennaisia standardeja painelaitteiden hitsauksessa

Standardit tekevät käytännön asioista helpompia jokapäiväisessä elämässä ja niitä löytyy lähes jokaiselta alalta. Paperikoot, ruuvit ja hitsaajien pätevyyskokeet ovat esimerkkejä standardisoinneista. Hitsaukseen liittyen on olemassa yli 300 standardia ja muuta julkaisua. Olennaisimmat standardisarjat hitsauksen kannalta ovat SFS-EN ISO 9001, SFS-EN ISO 3834, SFS-EN ISO 9606 ja SFS-EN 1090. Standardi SFS-EN ISO 9001 on yleinen laadunhallintajärjestelmien vaatimuksia koskeva standardi. Seuraavaksi käsitellään tämän työn kannalta muutama olennainen standardisarja. [10; 11.]

#### 3.1 SFS-EN ISO 9606

Standardisarjan SFS-EN ISO 9606 standardeissa määritetään vaatimukset hitsaajan pätevyyskokeille eri materiaalien sulahitsauksessa. Niissä on määritetty ohjeet hitsaajan pätevyyskokeelle paikasta, valvojasta ja tuotemuodosta riippumatta. Pätevyyskokeessa kiinnitetään huomiota siihen, miten hitsaaja kuljettaa käsivaraisesti hitsauspistoolia tai hitsainta saaden aikaan hyväksyttävän hitsin laadun. Kyseinen standardi siis koskee vain käsinhitsausta. [12.] Standardisarja pitää sisällään seuraavat osat:

- Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset
- Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 2: Alumiini ja alumiiniseokset
- Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 3: Kupari ja kupariseokset
- Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 4: Nikkeli ja nikkeliseokset
- Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 5: Titaani ja titaaniseokset, zirkonium ja zirkoniumseokset

### 3.2 SFS-EN ISO 15614

Standardisarjan SFS-EN ISO 15614 standardeissa määritetään hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä menetelmäkokeilla eri metalleille. Standardisarja pitää sisällään seuraavat osat:

- Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille: Hyväksyntä menetelmäkokeella. Osa 1: Terästen kaari- ja kaasuhitsaus sekä nikkelin ja nikkelseosten kaarihitsaus
- Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Menetelmäkokeet. Osa 2: Alumiinin ja alumiiniseosten kaarihitsaus
- Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Menetelmäkokeet. Osa 5: Titaanin ja sirkoniumin sekä niiden kaarihitsaus
- Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Menetelmäkokeet. Osa 6: Kuparin ja kupariseosten kaari- ja kaasuhitsaus
- Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hyväksyntä menetelmäkokeella. Osa 7: Päällehitsaus
- Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Menetelmäkokeet. Osa 8: Putken hitsaus putkilevyyn

Standardisarjan osissa määritetään, millä kriteereillä alustava hitsausohje voidaan hyväksyä menetelmäkokeella. Standardeissa määritetään menetelmäkokeen suoritusolosuhteet ja pätevyysalue standardissa esitettyjen oleellisten muuttujien rajoissa. [13.]

Hitsausohjeiden hyväksyminen menetelmäkokeella on Helenin tapa hyväksyä hitsausohjeet, mutta siihen on muitakin keinoja. Hyväksyminen voidaan tehdä myös testattuja hitsausaineita käyttäen, aikaisemman hitsauskokemuksen perusteella, standardimenetelmän avulla tai esituotannollisella kokeella. Standardisarjassa SFS-EN ISO 15607 määritellään yleiset säännöt hitsausohjeen hyväksynnälle ja sisällölle.

### 3.3 SFS EN 1090

Standardisarja SFS-EN 1090 on standardi teräs- ja alumiinirakenteiden toteutusta varten. CE-merkintä on tullut pakolliseksi kantaville teräsrakenteille ja -kokoonpanoille 1.7.2014. Tämän johdosta standardisarjaa SFS-EN 1090 on yhdenmukaistettu. Teräskokoonpanoja voimalaitoksissa ovat esimerkiksi painelaitteiden sekundäärirakenteet. [13.] Standardisarjaan kuuluu seuraavat osat:

- Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 1: Vaatimukset rakenteellisten kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointiin
- Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset
- Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 3: Alumiinirakenteita koskevat tekniset vaatimukset

Standardisarjan ensimmäisessä osassa määritellään teräs- ja alumiinikokoonpanojen toiminnallisten ominaisuuksien arviointia käsittelevät vaatimukset. Sarjan toisessa ja kolmannessa osassa käsitellään vaatimukset rakenteellisille teräs- ja alumiinirakenteille sekä -kokoonpanoille, jotka on valmistettu valssatusta levyistä ja nauhasta, profiileista, vedetyistä tangoista, takeista tai valuista. [14.]

### 3.4 SFS-EN ISO 3834

Standardisarja SFS-EN ISO 3834 käsittelee metallien sulahitsauksen laatuasioita. Standardisarjan osat ovat seuraavat:

- Metallien sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 1: Laatuvaatimustason valintaperusteet
- Metallien sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 2: Kattavat laatuvaatimukset
- Metallien sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 3: Vakiolaatuvaatimukset
- Metallien sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 4: Peruslaatuvaatimukset
- Metallien sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 5: Tarvittavat asiakirjat standardin ISO 3834-2, ISO 3834-3 ja ISO 3834-4 mukaisten vaatimusten osoittamiseksi

Sarjan ensimmäinen osa antaa yleiskuvan standardista. Siinä käydään läpi asioita, jotka tulee huomioida laatutason valinnassa metallien sulahitsaukseen, kun valittavissa on kolme laatutasoa. Osissa 2, 3 ja 4 käsitellään eri tason laatuvaatimuksia metallien sulahitsaukselle. Viimeisessä osassa käsitellään kansainväliset standardit, joita tarvitaan osien 2 - 4 mukaisten vaatimusten osoittamiseksi. Standardia 3834-5 voidaan käyttää ainoastaan standardien ISO 3834-2, ISO 3834-3 ja ISO 3834-4 kanssa. [15.]

## **4 PAINELAITEHITSUKSEN VAATIMUKSET SEKÄ HITSUKSEN LAADUNHALLINTA**

### **4.1 Digitalisaatio hitsauksen kehittämisessä**

Digitalisaation ja teollisen internetin kehittyminen näkyy myös hitsausalan kehittämisessä. Nykyään lähes kaikki asiat ovat yhteydessä internetiin ja näin asiat ovat myös hitsauksen osalta. Digitaalisten apuvälineiden avulla pystytään kehittämään hitsauksen laadunhallintaa, logistiikkaa, laitehuoltoa, dokumentointia ja johtamista. Ohjelmistoja löytyy niin valmistavaan tuotantoon kuin kunnossapitoonkin ja usein niiden kehitys on lähtöisin asiakkaiden tarpeista. Hitsauksen digitalisaatio lähti käyntiin useampi vuosikymmen sitten, ja sen jälkeen kehitystä on tapahtunut paljon, mutta kehittämiskohteita löytyy edelleen muun muassa suorituskyvyn mittaamisessa sekä tallennetun informaation hyödyntämisessä. Hitsausprosessien seuraamisen, dokumentoinnin ja tietojen analysoinnin merkitys kasvaa kilpailutilanteen tiukkenemisen, tulosvaatimusten ja lyhenevien toimitusaikataulujen rinnalla. [16, s. 1, 7 - 8]

Monilla teollisuuden aloilla työskentely tapahtuu kenttäolosuhteissa ja kohteet vaihtuvat usein, joten pilvipalveluina toimivat ohjelmistot ovat hyviä ratkaisuja, koska niiden käyttäminen onnistuu kämmmentietokoneilla ja älypuhelimilla. Vaihtoehtoisesti hitsausinsinööri pystyy seuraamaan hitsausprosesseja reaaliaikaisesti toimistossaan ja ohjaamaan useita eri hitsaustapahtumia samanaikaisesti. Useat ohjelmistot rakentuvat moduuleista, joista rakennetaan asiakkaiden tarvitsema kokonaisuus, joten asiakkaat eivät joudu maksamaan koko ohjelmistosta, vaan pelkästään ohjelmiston osista, joita tarvitsevat. [16, s. 10–11.]

Viime aikoina monissa ohjelmistoissa on keskitytty hitsien jäljitettävyyteen. Jokaisen työkappaleen osalta pystytään näkemään, mitä parametreja, lisäaineita sekä suojakaasua hitsauksessa on käytetty, kuka sauman on hitsannut ja mitä virheitä hitsauksessa on mahdollisesti tehty. Jäljitettävyyden on siis jo varsin hyvällä tasolla, mutta on eri asia, kuinka

hyvin asiakas osaa käyttää kaikkea dataa hyväkseen optimoidakseen omaa toimintaansa. Tässä on myös mahdollisuus ohjelmistojen kehittäjillä parantaa omaa toimintaansa jalostamalla kerättyä dataa kokonaisuudeksi, josta asiakas on valmis maksamaan. Joissakin hitsausalan yrityksissä, jotka kehittävät ohjelmistoja, onkin ymmärretty tämä mahdollisuus ja asiaan on panostettu. Monissa teollisuuden yrityksissä datan kerääminen, saati sen analysointi ja hyödyntäminen, on lapsenkengissä, joten datan täytyy olla valmiiksi purettua, analysoitua ja helposti ymmärrettävässä muodossa, jotta se houkuttelee asiakkaita.

#### 4.2 Hitsaajien pätevyudet

Ennen painelaitteiden asennus-, korjaus- tai muutostöiden tekemistä on huolehdittava, että hitsaajilla on asianmukaiset pätevyudet. Pätevyydellä pitää olla ilmoitetun laitoksen tai pätevöintilaitoksen hyväksyntä, mikäli painelaite luokitellaan luokkaan II, III tai IV. Hitsaajien on oltava pätevoidettyjä useiden standardien, viranomaisten ja tilaajien laatuvaatimusstandardien mukaisesti. Tätä varten hitsaajille on edellä käsitelty pätevyyskoe, joka muodostuu hitsauskokeesta sekä hitsatun kappaleen testauksesta. [17, s. 58]

Helenillä noudatetaan painelaitteiden kunnossapidon laatuvaatimusten osalta standardia SFS-EN ISO 3834-2 ja hitsaajien pätevöittämisessä sovelletaan standardia SFS-EN ISO 9606-1, joka korvasi vuonna 2013 standardin SFS EN 287-1. Uuden standardin pätevyysien jatkamiseen on kolme eri vaihtoehtoa [12; 17.]:

- a) Pätevyyskokeen uusinta 3 vuoden välein
- b) Pätevyyden voimassaolon vahvistaminen 2 vuoden välein, sillä edellytyksellä, että viimeisen 6 kuukauden aikana on tutkittu ja hyväksytty 2 hitsiä, joko radiografisesti, ultraäänellä tai rikkovalla aineenkoetuksella.
- c) Pätevyydistodistus on voimassa toistaiseksi, jos seuraavat kohdat täyttyvät:
  - Hitsaaja työskentelee samalle yritykselle
  - Yrityksen laatuohjelma on standardin SFS-EN ISO 3834-2 tai SFS EN ISO 3834-3 mukainen
  - Yrityksellä on dokumentteja, joilla voidaan varmentaa hitsaajan työn laatu.

Kohta c) on tällä hetkellä standardin yhdenmukaistamisen esteenä, koska se mahdollistaa pätevyyden voimassaolon ikuisesti. Käytännössä asia on edennyt niin, että tarkastuslaitokset ja viranomaiset eivät ole hyväksyneet standardia kyseisestä syystä. 4.9.2015 Euroopan komissio ilmoitti, että standardia SFS-EN ISO 9606-1 ei tulla vahvistamaan yhdenmukaisena standardina. Euroopan komission 12.8.2016 julkaisemassa tiedotteesta, jossa on numerojärjestyksessä yhdenmukaistettujen standardien otsikot ja viitenumerot, ei mainita standardia SFS-EN 287-1, eikä standardia SFS-EN ISO 9606-1, kuten kuvista 4 ja 5 käy ilmi, joten tilanne asian suhteen ei ole täysin selkeä tällä hetkellä. [16; 18.]

CEN	EN 267:2009+A1:2011 Automaattiset puhallinpolttimet nestemäisille polttoaineille
CEN	EN 334:2005+A1:2009 Kaasun paineensäätimet. Tulopaine enintään 100 bar

Kuva 4 Ensimmäinen ote komission tiedotteesta

CEN	EN ISO 4126-7:2013 Ylipaineen varolaitteet. Osa 7: Yleiset tiedot (ISO 4126-7:2013)
CEN	EN ISO 9606-2:2004 Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 2: Alumiini ja alumiiniseokset (ISO 9606-2:2004)

Kuva 5 Toinen ote komission tiedotteesta



Painelaitedirektiivin 2014/68/EU soveltamisohjeen F-06 mukaan jos yhdenmukaistettuja standardeja ei ole, tulee valmistajan soveltaa jotakin olemassa olevaa asiakirjaa. Käytännössä tilanne on tällä hetkellä se, että standardia SFS-EN ISO 9606-1 käytetään, mutta kohtaa c) ei sovelleta missään tilanteessa. [11.]

Hankittavalla ohjelmistolla pitäisi pystyä laatimaan pätevyystodistuksia sekä ylläpitämään niitä tehokkaasti. Sen logiikan tulisi perustua käytössä standardiin SFS-EN ISO 9606-1. Toivottava ominaisuus olisi, jos ohjelmisto varoittaisi pätevyyksistä, joiden voimassaolo on umpeutumassa. Tällä tavalla minimoidaan riski, että pätevyys pääsee vanhenemaan. Liitteenä 1 on Helenin käyttämä hitsaajan pätevyystodistus, joka perustuu standardiin SFS-EN ISO 9601-1

#### 4.3 Hitsausohjeet

Hitsausohje WPS (Welding Procedure Specification) toimii perustana hitsaamisen suunnittelulle, toteutukselle ja laadunvalvonnalle. Hitsausohjeet sekä ohjeet niiden laatimiseen on määritelty standardisarjassa SFS-EN ISO 15614. Vaatimus hitsausohjeen käytämisestä voi tulla tilaajalta, viranomaiselta tai tuotestandardista. Usein myös yrityksen oma laatujärjestelmä vaatii hitsausohjeiden käyttämistä, vaikka pakottavaa vaatimusta ei ole ulkopuolelta tullut. [17, s. 55–58]

Yleensä hitsausohje on ensiksi alustava pWPS (preliminary welding procedure specification), kunnes se hyväksytään käyttöön otettavaksi. Hitsausohjeen tulee olla selkeä ja helposti ymmärrettävä. Sen pitää olla fyysisesti olemassa, eikä pelkästään hitsaajan päässä. Hitsausohjeesta on käytävä ilmi vähintään seuraavat tiedot: yrityksen nimi, ohjeen numero ja revisio, mahdollisen menetelmäkoepöytäkirjan numero ja hyväksyntätapa, hitsausprosessi, perusaine, aineenpaksuus, railomuoto ja mitoitus, hitsausasento, hitsausaineet, hitsausparametrit, hitsausenergia, esikuumennus, palkojen välinen lämpötila ja jälkilämpökäsittely. [17, s. 55–58] Liitteenä 2 on Helenin käyttämä alustava hitsausohje.

Hankittavalla ohjelmistolla pitäisi päästä helposti käsiksi laadittuihin hitsausohjeisiin sekä pystyä luomaan uusia alustavia hitsausohjeita (pWPS), jotka saisi helposti päivitettyä varsinaiseksi hitsausohjeeksi (WPS). Ohjeiden tulisi olla helposti saatavilla ja tulostettavissa. Ohjelmiston muistissa tuli olla esitetyt hitsausohjeet, jolloin muutamien kenttien täyttäminen riittäisi, eikä koko ohjetta tarvitsisi tehdä uudelleen.

#### 4.4 Menetelmäkokeet

Menetelmäkokeessa hitsataan standardisoituja koepaloja, minkä jälkeen niille tehdään tarvittavat kokeet. Koepala tarkistetaan ensiksi visuaalisesti, minkä jälkeen suoritetaan radiografinen tai ultraäänitarkastus. Tämän jälkeen koepalasta tehdään vetosauvoja, joille tehdään vetokoe, taivutuskoe, makrohietutkimus sekä isku- ja kovuuskokeet. Vaatimus menetelmäkokeen käyttämisestä voi tulla viranomaiselta, tuotestandardista tai tilaajalta. Painelaitehitsauksessa vaatimus tulee viranomaiselta. Menetelmäkoetta varten laaditaan alustava hitsausohje (pWPS), jonka perusteella koe suoritetaan. Mikäli menetelmäkokeen tulokset täyttävät sille asetetut vaatimukset, niin alustavan hitsausohjeen pohjalta laaditaan lopullinen hitsausohje (WPS). Hyväksytystä menetelmäkokeesta laaditaan myös hyväksymispöytäkirja (WPQR) [17, s. 55, 58.]

#### 4.5 Hitsien tarkastaminen NDT-menetelmillä

NDT (Nondestructive Testing) on joukko erilaisia menetelmiä, joilla voidaan tarkastaa hitsejä ilman, että niitä rikotaan. Menetelmillä etsitään säröjä, halkeamia, sulkeumia sekä muita epäjatkuvuuksia. Hitsattavissa painelaitteen asennus-, korjaus- ja muutostöissä käytetään NDT-menetelmiä, jotta voidaan varmistua vaatimusten täyttymisestä. NDT-tarkastajalla tulee olla voimassa asianmukaiset pätevyydet, jotka vaihtelevat tarkastusmenetelmien mukaan. Standardeissa SFS-EN 1289, SFS-EN 1291, SFS-EN 12517 ja SFS-EN 1712 on määritetty hyväksymisrajat eri menetelmille NDT-tarkastuksessa. Yleisimmät menetelmät NDT-tarkastuksessa ovat tunkeumanestetarkastus PT (Penetrant Testing), magneettijauhetarkastus MT (Magnetic Particle Testing), radiografinen tarkastus RT (Radiography Testing), ultraäänitarkastus (UT Ultrasonic Testing) sekä visuaaliset keinot apuvälineillä tai ilman VT (Visual Testing). Käytettävät testausmenetelmät riippuvat testattavasta kappaleesta sekä vaatimuksista. Tunkeumaneste- ja magneettijauhetarkastus ovat pintamenetelmiä, joilla voidaan havaita hitsin pintaan asti aukeavat virheet. Sisäisten virheiden tarkastamiseen käytetään radiografista ja ultraäänitarkastusta. Tarvittaessa virheiden tarkastamiseen voidaan käyttää useampaa eri menetelmää. [17, s. 34.]

Silmämääräinen tarkastus on tarkastusmenetelmä, jota käytetään kaikkien muiden tarkastusmenetelmien yhteydessä pintapuolisten virheiden havaitsemiseen. Visuaalisella tarkastuksella voidaan havaita muun muassa hitsin mittojen sovitusrvirheitä, reunahaa-

voja ja pintaan avautuvia virheitä. Käytettäviä apuvälineitä silmämääräisessä tarkastuksessa ovat esimerkiksi rullamitta, a-mitta, suurennuslasi, työntömitta ja rakotulkkisarja. Hyvässä valaistuksessa ihmissilmä voi havaita viivamaisen virheen, jonka leveys on 0,05 mm, ja halkaisijaltaan 0,10 mm olevan pyöreän virheen. Periaatteessa hitsi voidaan hyväksyä tai hylätä pelkästään silmämääräisen tarkastuksen perusteella. [17, s.38.]

Tunkeumanestetarkastus perustuu tunkeumanesteen imeytymiseen pintavirheisiin ja sieltä takaisin tarkastettavan pinnan päälle levitettyyn ohueen kerrokseen kehitettä, johon tunkeumaneste leviää. Tunkeumanestetarkastus sopii kaikille materiaaleille, jos ne eivät olet luonnostaan huokoisia. Hyvissä suhteissa tarkastuksella voidaan havaita halkeama, jonka leveys on 2 µm, jos sen pituus on vähintään 1 mm ja syvyys 20 µ. Tarkastusmuoto sopii hyvin huokosten havaitsemiseen, jotka ovat erittäin yleisiä virheitä. [17, s. 39.]

Magneettijauhetarkistus perustuu epäjatkuvuuskohtien synnyttämien magneettisten vuotokenttien toteamiseen. Epäjatkuvuuskohdan aiheuttama vuotokenttä kerää ympärilleen magneettijauheen, jonka sijainnin, koon ja muodon perusteella voidaan tehdä arvio virheestä. Menetelmä soveltuu ferromagneettisten aineiden pinnassa tai pinnan läheisyydessä olevien halkeamien ja kuonasulkeumien havaitsemiseen. Menetelmällä löydetään normaaliolosuhteissa luotettavasti vähintään 1 µm:n levyinen ja 25 µm:n syvyinen halkeama, mikäli halkeaman pituus on vähintään 2 mm. [17, s. 39.]

Radiografinen tarkastus perustuu eri aineiden erilaiseen läpäisevän säteilyn vaimennuskykyyn. Testattavaa kappaleeseen kohdistetaan ionisoivaa säteilyä ja kohteen toisella puolella olevalla filmillä tai digipaneelilla taltioidaan kohteen läpäisseen säteilyn voimakkuus. Enemmän säteilyä läpäisseet kohdat näkyvät filmillä tummina kohtina. Radiografisella tarkastuksella havaitaan tarkasti kaikki kolmiulotteiset virheet, kuten huokokset, kuonasulkeumat ja erilaiset muotovirheet, mikäli virheen koko on säteilyn suunnassa vähintään 1 - 2 % aineenpaksuudesta. Tasomaisten virheiden, kuten halkeaminen havaitseminen on epävarmaa, koska ne saattavat sijaita epäedullisessa suunnassa säteeseen nähden. Menetelmällä voidaan havaita 0,1 mm:n virheitä ja muotopoikkeamia 10 mm paksussa teräksessä ja 0,25 mm:n 50 mm paksussa teräksessä. [17, s. 39.]

Ultraäänitarkastus perustuu testattavaan kappaleeseen suunnatun ja siinä etenevän ääniaallon heijastumiseen sisäisistä epäjatkuvuuskohdista tai kappaleen takaseinästä. Heijastumien perusteella pystytään päättämään virheiden sijainti, laatu ja koko. Ultraäänien taajuus on yleensä 20 - 100 kHz, sillä löydetään ja paikannetaan virheet hyvin. Menetelmän haastavampi vaihe on virheen tunnistaminen ja koon määrittäminen. [17, s. 39.]

#### 4.6 Hitsattavat kohteet ja materiaalit

Yleisimmät hitsauskohteet voimalaitosympäristössä ovat höyry- ja vesiputkistot, polttoaine- ja voiteluöljylinjat, kattilan osat, säiliöt ja turbiinit sekä turbiinin lisälaitteet. Kaiken kaikkiaan erilaisia hitsattavia kohteita on todella paljon ja hitsaustöitä tapahtuu niin sisä- kuin ulkotiloissa. Kohteet ovat monesti olosuhteiltaan vaikeita, kuten kuumia ja ahtaita, joten hitsaustyö vaatii hyväksytyn hitsausohjeen ja menetelmäkokeen lisäksi muutakin suunnittelua, jotta työ onnistuu hyvin. Mahdollisuuksien mukaan hitsaustöitä suoritetaan myös Hanasaaren voimalaitosalueella sijaitsevalla konepajalla, jossa tehdään esivalmistteet, kuten putkien hitsauksia. Konepajalla työt tehdään mahdollisimman pitkälle, koska olosuhteet niiden suorittamiselle ovat paremmat. Painelaitehitsaajien työkohteita voimalaitosalueiden lisäksi ovat lämpölaitokset. Hitsattavat materiaalit rajoittuvat pitkälti kuumalujiin teräslaatuihin. Taulukossa 6 näkyy tuotantolaitoksissa yleisesti käytettyjä hitsauksen rakenneaineita. [20, s. 14.]

Taulukko 6 Terästen ryhmittely CEN ISO/TR 15608:fi [20, s. 14]

Ryhmä	Terästyyppi
<b>1</b>	<b>Seostamattomat teräkset <math>ReH \leq 460 \text{ N/mm}^2</math></b> ( $ReH$ :n voi korvata $R_{p0,2}$ tai $R_t$ 0,5 arvolla)
1.1	$ReH \leq 275 \text{ N/mm}^2$ (P235GH, P265GH)
1.2	$275 \text{ N/mm}^2 > ReH \leq 360 \text{ N/mm}^2$ (P355GH, 16Mo3)
1.3	Normalisoidut hienoraeteräkset $360 < ReH \leq 460 \text{ N/mm}^2$ (P460NH)
1.4	Säänkestävät teräkset
<b>2</b>	<b>Termomekaanisesti valssatut hienoraeteräkset ja valuteräkset</b>
2.1	$360 \text{ N/mm}^2 > ReH \leq 460 \text{ N/mm}^2$ (Huom. koekappaleanalyysin perusteella voidaan
2.2	$ReH > 460 \text{ N/mm}^2$ ryhmän 2 terästen arvioida kuuluvan ryhmään 1.)
<b>3</b>	<b>Nuorrutusteräkset ja erkautuskarkenevat teräkset <math>ReH &gt; 360 \text{ N/mm}^2</math></b>
3.1	Nuorrutusteräkset $360 \text{ N/mm}^2 > ReH \leq 690 \text{ N/mm}^2$
3.2	Nuorrutusteräkset $ReH > 690 \text{ N/mm}^2$
3.3	Erkautuskarkenevat teräkset
<b>4</b>	<b>CrMo(Ni) teräkset, joissa on hyvin vähän vanadiinia; <math>Mo \leq 0,7 \%</math> ja <math>V \leq 0,1 \%</math></b>
4.1	$Cr \leq 0,3 \%$ ja $Ni \leq 0,7 \%$
4.2	$Cr \leq 0,7 \%$ ja $Ni \leq 1,5 \%$ (esim. 15NiCuMoNb5-6-4)
<b>5</b>	<b>Vanadiinia sisältämättömät Cr-Mo teräkset <math>C \leq 0,35 \%</math></b>
5.1	$0,75 \% \leq Cr \leq 1,5 \%$ (esim. 13CrMo4-5, 10CrMo5-5)
5.2	$1,5 \% < Cr \leq 3,5 \%$ (esim. 10CrMo9-10)
5.3	$3,5 \% < Cr \leq 7,0 \%$ (esim. X11CrMo5-1)
5.4	$7,0 \% < Cr \leq 10 \%$ (esim. X11CrMo9-1)
<b>6</b>	<b>Runsasti vanadiinilla seostetut Cr-Mo-(Ni) teräkset</b>
6.1	$0,3 \leq Cr \leq 0,75 \%$ (esim. 14MoV6-3)
6.2	$0,75 \leq Cr \leq 3,5 \%$ (esim. 15CrMoV5-10)
6.4	$7,0 < Cr \leq 12,5 \%$ (esim. X20CrMoV11-1 ja X10CrMoVNb9-1)
<b>7</b>	<b>Ferriittiset, martensiittiset ja erkautuskarkenevat ruostumattomat <math>C \leq 0,35 \%</math> ja <math>10,5 \% \leq Cr \leq 30 \%</math></b>
7.1	Ferriittiset ruostumattomat teräkset
7.2	Martensiittiset ruostumattomat teräkset (esim. X20Cr13)
7.3	Erkautuskarkenevat ruostumattomat teräkset
<b>8</b>	<b>Austeniittiset ruostumattomat teräkset, <math>Ni \leq 31 \%</math></b>
8.1	Austeniittiset ruostumattomat a $Cr \leq 19 \%$ (esim. X5CrNi18-10)
8.2	Austeniittiset ruostumattomat teräkset $Cr > 19 \%$ (esim. X1NiCrMoCuN25-20-2)
8.3	Mangaaniseostetut austeniittiset ruostumattomat a $4 \% < Mn \leq 12 \%$
<b>9</b>	<b>Nikkeliseostetut a <math>Ni \leq 10,0 \%</math></b>
9.1	$\leq 3 \%$ Ni
9.2	$3,0 < Ni \leq 8,0 \%$
9.3	$8,0 \% < Ni \leq 10,0 \%$
<b>10</b>	<b>Austeniittis-ferriittiset teräkset (duplex-teräkset)</b>
10.1	$Cr \leq 24 \%$
10.2	$Cr > 24 \%$
<b>11</b>	<b>Teräkset, jotka kuuluvat ryhmään 1, paitsi, että <math>0,25 \% &lt; C \leq 0,85 \%</math></b>
11.1	$0,25 \% < C \leq 0,35 \%$
11.2	$0,35 \% < C \leq 0,5 \%$
11.3	$0,5 \% < C \leq 0,85 \%$

Painelaitehitsaajat ovat useimmiten tekemisissä taulukon ryhmien 1, 5, 6 ja 8 kanssa. Ryhmän 1 yleisimmin käytetyt rakenneaineet ovat kohdan 1.1 P235GH teräs, jota käytetään kaukolämpölaitosten kattiloiden rakenteissa ja kohdan 1.2 16Mo3, joka on käytössä kattiloiden putkistoissa. Ryhmän 5 teräksistä käytetään kohtien 5.1 ja 5.2 teräslautuja, pääasiassa höyryputkistoissa ja välitulistimissa. Kohdan 6.4 rakenneaineita käytetään muun muassa turbiinien päähöyrylinjoissa ja tulistimissa. Kohdan 8 ruostumattomia teräksiä käytetään sekä haponkestävänä että normaalina, käyttökohteesta riippuen. Tyypillisiä käyttökohteita ovat öljy-, paineilma- ja kemikaaliputkistot. Toisinaan korjaushitsauksessa on vaikea saada hitsattavan kohteen materiaalitietoja. Alkuperäiset materiaalitiedot ovat usein tallessa, mutta modernisointien yhteydessä tietojen päivittäminen ja säilyttäminen asettaa toisinaan haasteita. Hitsauksen onnistumiseksi on hyvä varmistaa materiaali haastavissa hitsauksissa valmistajalta tai laitetoimittajalta. [20.]

## 5 Ohjelmiston hankkiminen

### 5.1 Nykytilanne

Hanasaaren voimalaitoksen kunnossapidolla on ollut jo pidemmän aikaa tarkoituksena hankkia uusi hitsauksen hallintaohjelmisto, jolla voidaan parantaa hitsausohjeiden, pätevyyskokeiden ja menetelmäkokeiden dokumentointia. Oikeanlaisella ohjelmistolla tehostetaan asioiden käsittelyä ja parannetaan kustannustehokkuutta. Uusi ohjelmisto tulee kunnossapidon painelaite- kaukolämpöhitsareiden käyttöön ja sen pääasiallisia käyttäjiä ovat hitsauskoordinaattorit sekä työnjohtajat, jotka tarvitsevat sen operoimiseen kaikki käyttöoikeudet. Lisäksi rajoitettuja käyttöoikeuksia annetaan hitsaajille, joilla pitää olla pääsy hitsausohjeisiin sekä mahdollisuus omien pätevyksiensä seurantaan. Lisäksi kunnossapitopalveluiden johto on toivonut mahdollisuutta seurata kaikkien hitsaajien pätevyksiä sekä lupa-asioita yleiskuvan muodostamiseksi.

Hanasaaren kunnossapidolla on noin kymmenen vuotta sitten ollut käytössä Hitsari Pro hitsaajien pätevyysien ja hitsausohjeiden laatimiseen sekä ylläpitoon tarkoitettu ohjelmisto. Ohjelmistolla on silloin ollut kaksi käyttäjää, joista toista haastateltiin insinööritoimistoa varten. Haastateltavan mukaan ohjelmisto oli käyttöominaisuuksiltaan asiallinen. Hyvinä puolina mainittiin muistuttaminen vanhaksi menevistä pätevyyksistä, automaattinen

täyttö pätevyystodistuksissa, kun perustiedot oli syötetty, ja piirtotyökalu, jolla oli mahdollisuus piirtää hitsaustapahtuma. Ohjelmiston käyttö jäi kuitenkin vähäiseksi, joten sen käytöstä luovuttiin melko pian käyttöönoton jälkeen. [21.]

Nykyinen käytössä oleva järjestelmä on Excel-pohjainen ja kankea käyttää, eikä dokumentointi sillä ole sillä kovinkaan hallittua. Järjestelmällä on useita eri käyttäjiä, ja tästä syystä käsiteltävät dokumentit löytyvät useasta paikasta, joten tietojen etsiminen vie aikaa sekä kasvattaa virhealttiutta. Esimerkiksi hitsausohjeet ovat useassa eri kansiossa, joten riski virheille on olemassa ja lisäksi oikean ohjeen etsiminen on turhauttavan hidasta. Dokumentteihin joudutaan syöttämään paljon arvoja manuaalisesti, joten virhesyöttöjen määrä kasvaa, lisäksi niihin pääsee jokainen käsiksi, joten on mahdollisuus, että tiedostoja poistuu vahingossa.

Tällä hetkellä muistutuksen saaminen vanhaksi menevistä hitsaajan pätevyyksistä vaatii ohjelmiston käyttöä. Ohjelmiston käyttäminen ei ole kuitenkaan aina säännöllistä, joten muistutus olisi hyvä saada sähköpostiin. Hitsaajan päteväyttäminen on kolmannen osapuolen valvoma ja hyväksymä, joten pätevyyden uusiminen ei ole kovin nopea prosessi ja siksi siihen tulee varautua ajoissa. Nykyisen ohjelmiston päivittäminen on hidasta ja muokattavuus huono. Hitsauskoordinaattori saa sähköpostiin ohjeet ohjelmiston päivittämiseksi, joka tulee tehdä manuaalisesti. Se on hidasta ja kömpelöä, joten monesti kiireen keskellä asia lykkääntyy. Tästä johtuen ohjelmisto ei välttämättä ole aina ajan tasalla. Esimerkiksi hitsaajan pätevyystodistukseen ei pysty vaihtamaan vanhaa Helsingin Energian logoa uuteen Helenin logoon ilman lisenssinhaltijan lupaa, joten ohjelmiston muokattavuus on huonolla tasolla. Kuvassa 6 on päänäkö näkyisen ohjelmiston hitsaajien pätevyysienhallinnasta. Hitsaajien nimet on poistettu näkyvistä.



UUSI	KATSO	OHJE	Lajittelu	NÄYTÄ KAIKKI	HAKUKRITEERIT	Hälytysrajat [vrk]	30	15	
KOPIOI	MUOKKAA	POISTA	Lajittelu ↓	Hakukriteeri: Kaikki pätevydet			Näytä	Näytä	Näytä
Pöytäkirja	Hitsaaja	Tunnus	Toimipaikka ja yhdyshenkilö	Pätevyys	SFS-EN ISO 9606-1 (2013)	Voimassa	Uusinta/6 kk	PED	
Report.	Welder	ID	Office and contact person	Designation	Tulosta näkyvät pätevydet	Valid	Confirm/6 m		
10/2017		E1	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	141 P FW FM5 S t6 PB ss sl		02.09.2017	162 vrk	X	
11/2017		E1	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	141 T BW FM4 S t2 D48,3 H-L045 ss gb ml		01.09.2017	161 vrk	X	
12/2017		E1	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	141 T BW FM3 S t6,3 D48,3 H-L045 ss nb ml		01.09.2017	161 vrk	X	
3/2017		E1	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	111 P FW FM3 B t10 PB ss sl		02.09.2017	162 vrk	X	
4/2017		E1	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	141 P FW FM3 S t10 PB ss sl		02.09.2017	162 vrk	X	
5/2017		E1	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	111 T BW FM3 B t7,1 D88,9 H-L045 ss nb ml		01.09.2017	161 vrk	X	
7/2017		E1	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	141 T BW FM4 S t7,1 D48,3 H-L045 ss gb ml		01.09.2017	161 vrk	X	
8/2017		E1	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	141 T BW FM5 S/B t7,1 D48,3 H-L045 ss gb ml		01.09.2017	161 vrk	X	
8/2017		E1	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	141/111 T BW FM4/FM4 S/B t13 D114,3 H-L045 ss gb ml		02.09.2017	162 vrk	X	
9/2017		E1	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	111 P FW FM5 B t6 PB ss sl		02.09.2017	162 vrk	X	
15/2017		E15	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	141 P BW FM3 S t6,3 D48,3 H-L045 ss nb ml		01.09.2017	161 vrk	X	
20/2016		E13	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	111 P FW FM5 B t6 PB ss nb sl		28.05.2017	68 vrk	X	
22/2016		E13	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	141 P FW FM5 S t6 PB ss nb sl		28.05.2017	68 vrk	X	
23/2016		E13	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	111 P FW FM3 B t10 PB ss nb sl		28.05.2017	68 vrk	X	
24/2016		E13	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	111 T BW FM3 B t7,1 D88,9 H-L045 ss nb ml		07.06.2017	77 vrk	X	
25/2016		E13	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	141 P FW FM3 S t10 PB ss nb sl		28.05.2017	68 vrk	X	
26/2016		E13	Hanasaari B, Saavalainen Miika, 0505470970	141 T BW FM5 S t2,0 D48,3 H-L045 ss nb sl		28.05.2017	68 vrk	X	

Kuva 6 Näkymä nykyisestä pätevyysienhallintaohjelmistosta

## 5.2 Kriteerit ohjelmiston valinnalle

Tarkasteltavien ohjelmistojen on täytettävä ohjelmistolle asetetut kriteerit, jotta se vastaisi yrityksen vaatimuksia ja siihen investoiminen olisi kannattavaa. Ohjelmiston logiikan tulee perustua painelaitehitsauksessa käytössä olevaan SFS-EN ISO 9606-1 -standardiin. Hitsaajien pätevyysien, hitsausohjeiden sekä menetelmäkokeiden tehokkaampi ja toimintavarmempi hallinta on tärkein syy ohjelmiston hankinnalle. Pelkästään hitsaajien pätevyystodistuksia on kymmeniä, joten nykyisellä ohjelmistolla niiden käsitteleminen ei ole kovin hallittua. Myös hitsaajan pätevyyskokeenvalvontapöytäkirjojen hallinnointi olisi tärkeä ominaisuus. Pätevyyskokeenvalvontapöytäkirjat tehdään Excelillä, joten eri tiedostoja on lukuisia määriä, kätevämpää olisi jos niitä pystyttäisiin hallitsemaan yhdellä ohjelmistolla. Kuvassa 7 on hitsaajan pätevyyskokeenvalvontapöytäkirja, josta ilmenevät hitsaajan tiedot, tietoja hitsattavasta pätevydestä, kuten materiaali ja hitsausasento sekä kolmannen osapuolen täyttämänä mahdolliset tarkastukset, jotka hitsille on tehty. Edellä mainittujen lisäksi olisi toivottavaa, että ohjelmistolla pystyisi seuraamaan hitsauskoneiden kalibrointitilannetta, sekä jonkinlainen piirtotyökalu, joka mahdollistaa omien railokuvien tuomisen ja piirtämisen hitsausohjeisiin.





linen, jotta erilaiset ihmiset omaksuvat sen käytön ja pystyvät tehokkaasti työskentelemään sillä. Ohjelmistoa ei käytetä päivittäin, eikä aina edes viikoittain, joten toivottava ominaisuus olisi, että ohjelmisto muistuttaa vanhaksi menevistä hitsaajan pätevyystodistuksista sähköpostilla.

### 5.3 Carelsoft Hitsari Pro Server

Carelsoft on Joensuun lähellä Ylämyllyssä toimiva, vuonna 1997 perustettu ohjelmistojen suunnittelu- ja kehitysyritys, jonka erikoisalana ovat hitsauksen laadunhallintaohjelmistot. Hitsari Pro Server on hitsauksen laadunhallintaohjelmisto hitsaajien pätevyyksien, hitsaajatietojen ja hitsausohjeiden ylläpitoon. Ohjelmisto perustuu moduuleihin, jotka toimitetaan asiakkaan vaatimuksien mukaan. Se asennetaan tietokoneelle ja on verkkokäyttöinen, joten sitä voi käyttää usealta eri koneelta samaan aikaan. Ohjelmiston kokoonpanoa voidaan laajentaa tai supistaa tarpeen mukaan lisäämällä tai vähentämällä moduuleita. Hitsari Pro sisältää hitsausohjeisiin liitettäviä railo- ja palkokuvia noin 90 kappaletta. Lisäksi ohjelmisto sisältää noin 450 lisääaineen tiedot. [23] Ohjelmiston perusversio sisältää seuraavat moduulit:

- Yritystiedot
- Hitsaajatiedot
- Pätevyystodistukset
- Lisäaineet.

Lisäksi ohjelmistoon on hankittavissa seuraavia lisämoduuleja:

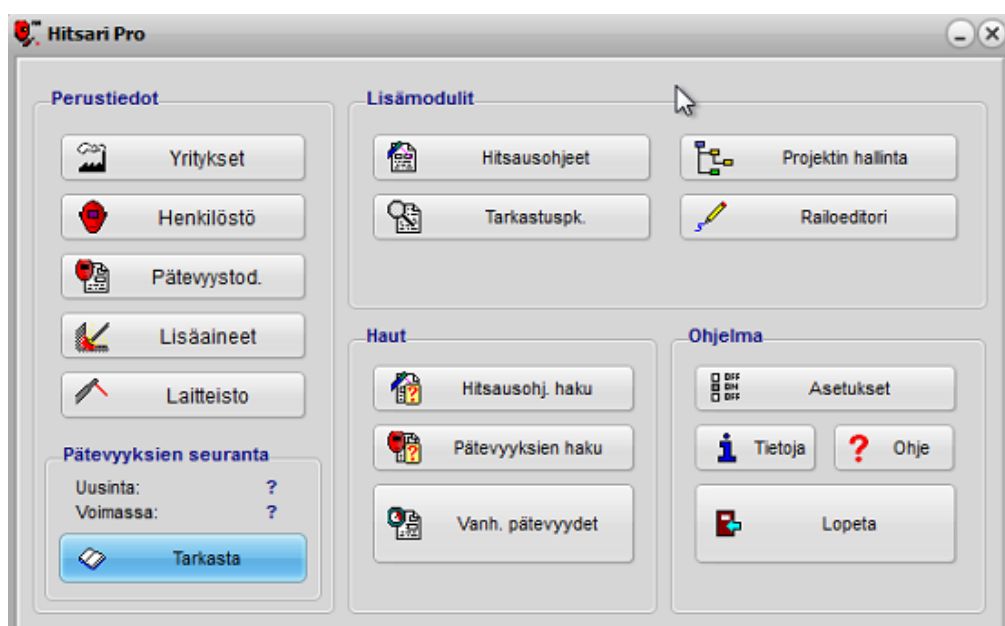
- Hitsausohjeet WPS ja pWPS
- Projektinhallinta
- Menetelmäkokeet
- Tarkastuspöytäkirjat
- Railoeditori.

### 5.3.1 Ohjelmiston esittely ja koekäyttö

Hitsari Pro-ohjelmistosta järjestettiin verkon välityksellä esittelytilaisuus, jossa käytettiin etätyöpöytäyhteyttä. Näin pystyttiin seuramaan, kun yrityksen edustaja käytti ohjelmistoa, selostaen samalla ohjelmiston ominaisuuksista. Ohjelmistosta järjestettiin myös koekäyttö etätyöpöytäyhteyden avulla. Tällä tavalla ohjelmiston ominaisuuksiin ja käytettävyyteen pystyttiin tutustumaan paremmin.

Kuvassa 8 on näkymä Hitsari Pro-ohjelmiston aloitusvalikosta. Heti aloitusvalikosta näkee voimassa olevien pätevyyksien määrän sekä vanhaksi menevät pätevyydet. Ohjelmisto siis muistuttaa vanhaksi menevistä pätevyyksistä, mutta varoitusta ei saa sähköpostiin, joten varoitusten saaminen edellyttää ohjelmiston käyttämistä. Vanhenevia hitsaajien ja operaattorien pätevyyksiä varten on myös hakutyökalu. Pätevyyksiä pystyy hakemaan halutulta aikaväliltä, esimerkiksi pätevyydet, jotka pitää uusia aikavälillä 11.6.2017 – 30.6.2017.

Ohjelmiston ulkoasu on yksinkertaisen selkeä. Kuten kuvasta 8 käy ilmi niin, eri moduulit ovat selkeästi valittavissa ja halutun pätevyyden tai hitsausohjeen hakeminen onnistuu nopeasti. Käyttöliittymä on varsin selkeän oloinen valikoiden osalta, mutta käytettäessä ohjelmisto tuntuu välillä hieman raskaalta.



Kuva 8 Päänäkymä Hitsari Pro-ohjelmistosta

Hitsausohjeiden laatimiseen ja ylläpitoon liittyvä moduuli on kuvan 9 kaltainen. Ohjeen perustietoihin täytetään hitsaajan tiedot sekä tiedot hitsattavasta kohteesta. Moduuli antaa myös mahdollisuuden lisätä railo- tai palkokuvia, tietoja lämpötiloista, käsittelyohjeita lisäaineista, sekä tietoja perusaineista ja suojakaasuista. Tarvittavan lämmöntuonnin ohjelmisto laskee annettujen hitsausparametrien avulla ja laadittu hitsausohje pystytään halutessa liittämään osaksi projektinhallintatyökalua.

**Hitsausohje - Hitsari : 10.4.2017 10:44:53**

Tietue Hae Tulosta Näytöt Ohje

Etsi Laske lämmöntuonti Projekti Hitsausohje 1/8

Viitenumero WPQR nro Revision yks.kohdat Asema  
WPS\_111BWP1\_1 WQ01-13 Rev 2 ESIMERKKI WPS

Perustiedot Railo-/palkokuvat Perus-/lisäaineet/Kaasut Railo/lämpötilat ym.

Päivämäärä 15.4.2016

Paikka Joensuu Hyväksymistapa Menetelmäkoe

Laatija Hyv.standardi SFS-EN ISO 9601-1

Käyttöalue Jalikoasento

Tuotemuoto T Hitsausprosessi 143 TIG-täytelankahitsaus

Liitosmuoto BW Hitsausasento PA Jalcohitsaus

Pieni a-mitta Aineen siirtymism. -

Valmistaja Asiakas

Hitsaaja Hitsari Hyväksyjä

Lisätietoja  
Sauman viimeistely on tehtävä työlämpötilassa hiomalla.  
Hitsauksen jälkeen kappale jäähdytettävä huoneen lämpötilaan, jossa pidettävä väh. 1h.

Palko	Pros.	Lisäaine	Tyyppi	Luokitus	Mitta	Puls. A (max)	Puls. A (min)	Pulssi%	Pulssin pit.	Virta (A)
1	111	OK 74.78	B	SFA/AWS A5.5: E5 3,2						105-140
2	111	OK 48.00	B	SFA/AWS A5.1: E7 2						50-80

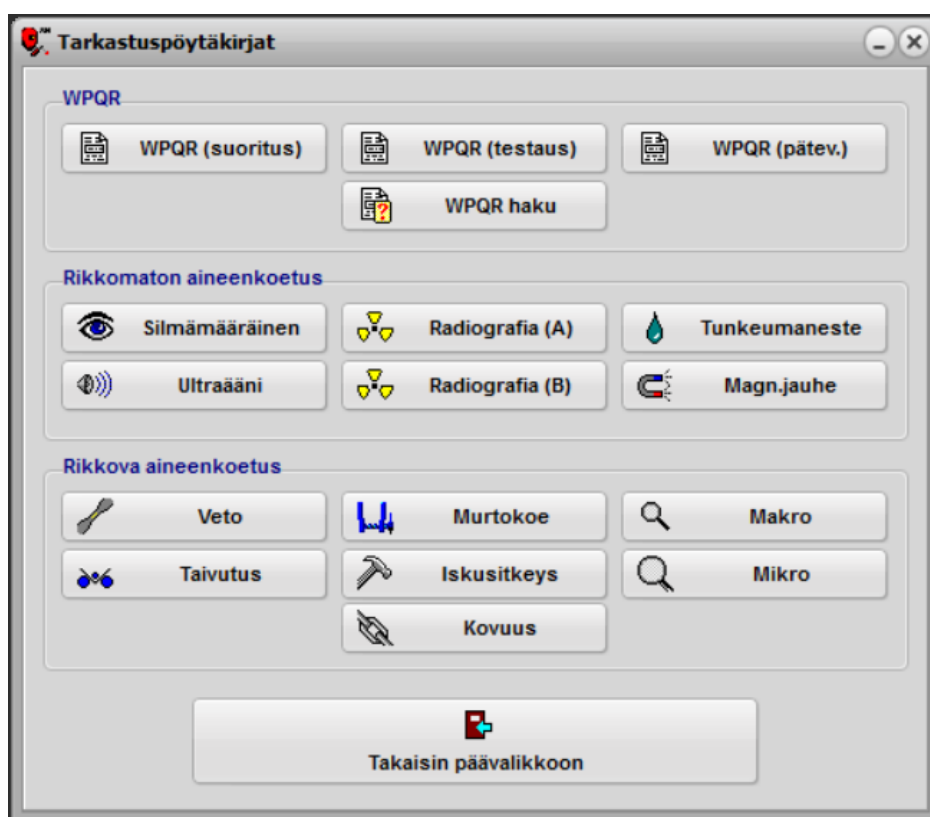
Kuva 9 Hitsari Pron hitsausohjeen laadintaan tarkoitettu moduuli

Kuvassa 10 on näkymä hitsaajan pätevyystodistuksen laatimiseen tarkoitettu moduuli. Standardikirjastosta löytyvät standardit SFS-EN ISO 15618-1, SFS EN ISO 14732, SFS-EN 287.1 sekä standardisarja SFS-EN ISO 9606 kokonaisuudessaan. Pätevyystodistusta täytettäessä valitaan ensiksi standardi, jonka perusteella ohjelmisto alustaa kokeen yksityiskohdat. Lomakkeen täyttö on nopeaa ja vaivatonta pikavalikoiden ja esitäytön ansiosta. Pätevyyskokeenvalvontapöytäkirjojen hallinnointiin ei Hitsari Prossa ole erillistä työkalua.

Kuva 10 Hitsari Pron pätevyystodistuksen laadintaan tarkoitettu moduuli

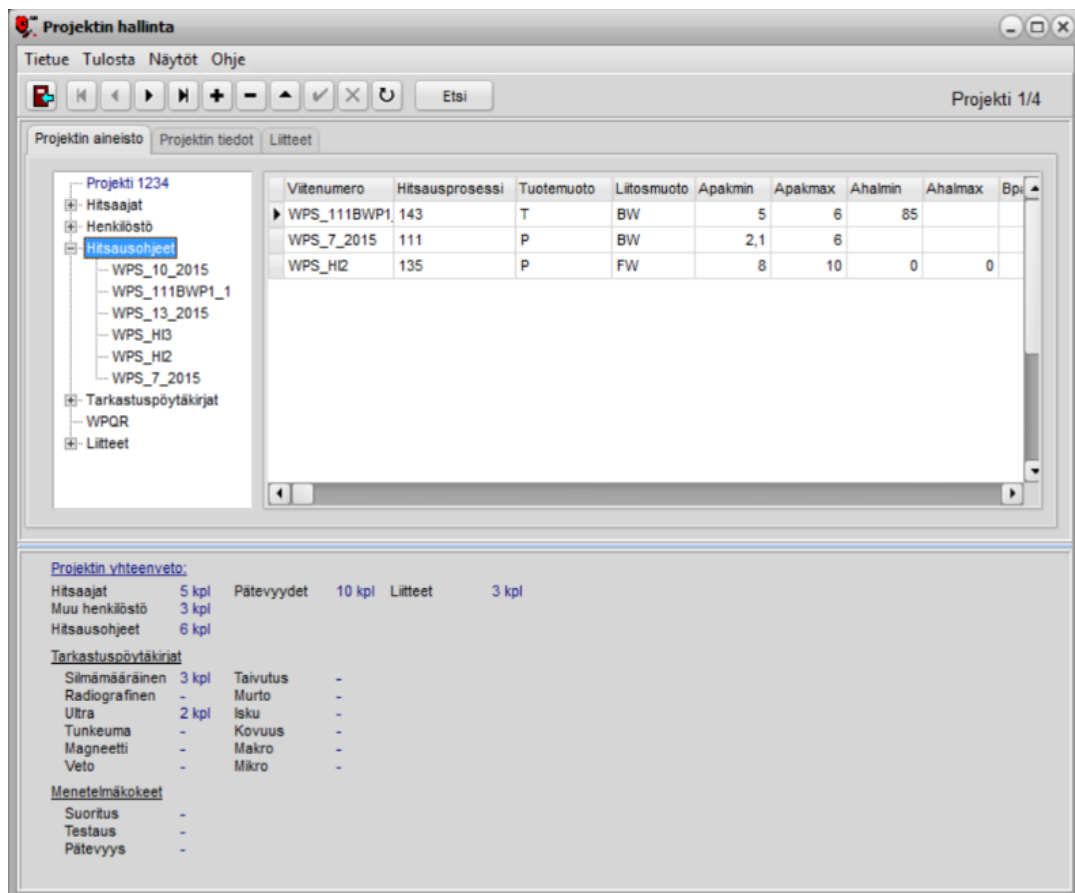
Käyttöoikeuksien rajoittaminen onnistuu Hitsari Prossa varsin hyvin. Käyttöoikeuksia pystyy rajoittamaan moduuli- ja käyttäjäkohtaisesti. Esimerkiksi joltain käyttäjältä voidaan evätä pääsy johonkin moduulin, mutta voidaan antaa täydet käyttöoikeudet muihin moduuleihin. Hitsari Prolla pystyy pitämään tietokantaa hitsauskoneista. Tietokantaan on tallennettu laitteen laitetunnus, sarjanumero, merkki, malli, vuosimalli, hankintapäivämäärä sekä tietoja koneen tyypistä.

Tarkastuspöytäkirja moduulista (kuva 11) löytyy pöytäkirjat menetelmäkokeille, WPQR (suoritus), WPQR (testaus), WPQR (pätevyys). Lisäksi moduulista löytyy pöytäkirjat rikkomattoman ja rikkovan aineenkoetuksen menetelmille.



Kuva 11 Hitsari Pron tarkastuspöytäkirjojen laatimiseen tarkoitettu moduuli

Hitsari Pron lisämoduuleihin kuuluu railoeditori, joka on piirto-ohjelma hitsausohjeiden kuvittamista varten. Piirto-ohjelmalla saa piirrettyä tarvittavat palkokuvat, mikäli kyseisiä kuvia ei ohjelmiston railokuvakirjastosta löydy. Lisämoduuleihin kuuluu myös projektinhallintatyökalu (kuva 12). Moduulin avulla haluttuun projektiin pystytään liittämään siihen osallistuva henkilöstö, hitsaajat, hitsausohjeet, pöytäkirjat ja muu projektiin liittyvä materiaali.



Kuva 12 Hitsari Pron projektinhallintamoduuli

### 5.3.2 Tiivistelmä ohjelmistosta

Hitsari Pro täytti ohjelmiston hankinnalle asetetut kriteerit. Käyttöliittymä on suomenkielinen ja standardikirjastosta löytyvät vaadittavat standardit. Hitsausohjeiden, hitsaajien pätevyyksien ja menetelmäkoepöytäkirjojen laatiminen sekä käsitteleminen vaikuttivat ohjelmiston avulla helpommalta ja varmemmalta kuin nykyisin käytössä olevilla järjestelmillä. Tarvittavat pätevyydet ja hitsausohjeet saa etsittyä nopeasti ja tulostaminen onnistuu muutamalla klikkauksella. Hitsaajan pätevyydestodistus on tulostettavissa suomeksi sekä englanniksi, ja muut tulosteet, kuten tarkastuspöytäkirjat ja hitsaajaluettelot suomen kielellä. Dokumenttien laatiminen ja päivittäminen onnistuu esitäytön vuoksi vaivattomasti ja ohjelmisto laskee syötettyjen parametrien perusteella tarvittavat arvot. Ohjelmiston ulkoasu on yksinkertaisen koruton, mutta selkeä, ja tarvittavat valikot ovat hyvin esillä.

Huolimatta siitä, että perustoiminnot ja valikot ovat Hitsari Prossa hyvin esillä, tuntui se käytettäessä välillä hieman insinöörimäiseltä ja sen käyttö olisi voinut olla joissakin kohdissa sujuvampaa. Kehityskohteita ohjelmistolle voisi olla muistutus vanhaksi menevistä hitsaajan pätevyyksistä sähköpostiin ja hieman kevyempi käytettävyys.

Kaiken kaikkiaan Hitsari Pro vaikuttaa lyhyen käyttökokemuksen perusteella asialliselta hitsauksen hallintaohjelmistolta, jolla on edellytyksiä olla toimiva ratkaisu hitsauksen laadunhallintaan ja dokumentointiin niin valmistavassa tuotannossa kuin kunnossapidossa-kin.



## 5.4 Kemppi WeldEye

Kemppi on vuonna 1949 perustettu hitsausalan yritys, joka toimii globaaleilla markkinoilla. Se suunnittelee ja valmistaa hitsauslaitteita ja ohjelmistoja sekä tarjoaa konsultointia ja alan palveluja. WeldEye on Kempin ja Weldindustry AS:n kehittämä hitsauksen laadunhallinta- ja dokumentointiohjelmisto. Weldindustry AS on yksi maailman johtavista hitsauksen hallintaan tarkoitettujen ohjelmistojen kehittäjistä. Yritys on vuodesta 2013 asti ollut osa Kemppi Groupia. WeldEye toimii pilvipalveluna, joten erillistä asentamista tietokoneelle ei tarvita. Ohjelmisto rakentuu moduuleista, joista rakennettuna on saatavilla erilaisia ratkaisuja yritysten tarpeiden mukaan. Kaikissa moduuleissa on laajennusmahdollisuus muille WeldEye-moduuleille. Kuva 13 on WeldEye-ohjelmiston esitteestä, jossa on eri moduuleista rakennettuja paketteja sekä lyhyesti niiden tarjoamia ominaisuuksia. [23; 24.]



### Welding procedure and qualification management

Ohjelmisto hitsausprosessien ja hitsaajien pätevyyksien hallintaan. WeldEye sopii erinomaisesti tavallisiin hitsauksen koordinoituihin. Se helpottaa uusien hitsausohjeiden kehittämistä ja hitsaajien pätevyyksien ylläpitoa.



### Welding quality management

Ohjelmisto hitsauksen laadun valvontaan ja datan keräämiseen dokumentaatiota varten. Onko sinun koskaan tarvinnut esittää luotettavia takeita hitsauslaadusta? WeldEye tuottaa todennetun laatudokumentaation projektistasi digitaalisesti kerätyn hitsausparametridatan perusteella.



### Welding documentation management

Ohjelmisto kaikkien hitsaukseen liittyvien dokumenttien hallintaan yhdellä ratkaisulla. WeldEye tekee tehokkaasta dokumentaatiohallinnasta todellisuutta ja kattaa kaiken hitsausmenetelmistä henkilöstön pätevystodistuksiin ja projektiraportointiin.



### Welding production management

Ohjelmisto hitsauksen koordinointiin, valvontaan, NDT:hen ja dokumentaation hallintaan. Manager virtaviivaistaa raskaan hitsaushallinnan koko hitsaustuotannon osalta projektin konfiguroinnista laadunhallintaan ja loppuraportointiin.

Kuva 13 WeldEyen ohjelmistoratkaisuja [23]

Welding Procedure and Qualification management on tarkoitettu hitsaustuotannon, henkilöstön ja pätevyyksien hallintaan. Sillä pystyy laatimaan hitsausohjeita ja hoitamaan pätevyyksien uusimisen. Pätevyyden pidentäminen onnistuu kolmannen osapuolen sähköisillä allekirjoituksilla, ja ohjelmisto varoittaa vanhaksi menevistä pätevyyksistä. Tärkeimmät käyttökohteet sijaitsevat yleisesti konetekniikassa, laivanrakennuksessa ja teräsrakentamisessa. [25.]

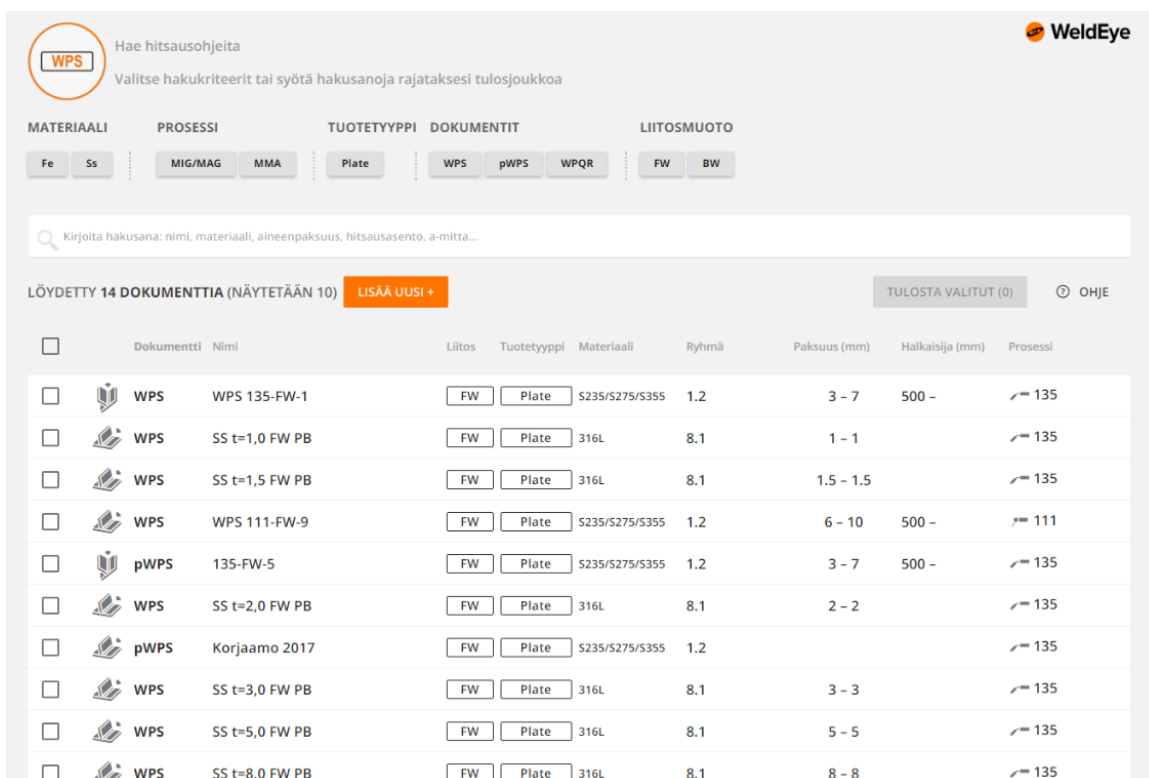
Welding Quality Management on hitsauksen laadunvalvontaa ja datan keräämisen dokumentaatiota varten. Kempin mukaan ohjelmiston hyötyjä ovat, että sen avulla voi seurata hitsausohjeiden noudattamista reaaliaikaisesti ja pystytään ennalta ehkäisemään mahdollisia hitsausvirheitä. Tärkeimmät käyttökohteet ovat putkistorakentamisessa, rakennusten teräsrunkorakentamisessa sekä öljynporauslautoilla. [26.]

Welding Documentation Management keskittyy hitsaustuotannon dokumentaation parantamiseen. Se sisältää rikkomattoman aineenkoetuksen raportoinnin ja hallinnan. Sillä pystytään tallentamaan esimerkiksi projektin edetessä tietoa projektin konfiguroinnista, hitsausmenetelmistä ja todistuksista, rikkomattoman aineenkoetuksen raporteista ja korjausraporteista. Käyttökohteita ohjelmistolle on muun muassa öljynporauslautoilla, putkistoissa sekä paineastioiden ja kattiloiden kanssa tekemisissä olevissa yrityksissä. [27.]

Welding Production Management keskittyy hitsauksen koordinointiin, valvontaan NDT:hen ja dokumentaation hallintaan. Kempin mukaan sillä saadaan virtaviivaistettua koko hitsaustuotanto projektisuunnittelusta ja hitsauksen koordinoititoimista loppuraportointiin. Sen avulla pystytään keräämään hitsaustietoja automaattisesti, mikä mahdollistaa reaaliaikaisen laadunvalvonnan ja hyvän jäljitettävyyden hitseille. Tärkeimmät käyttökohteet sijaitsevat jalostamoteollisuudessa, teräsrunkojen rakennusteollisuudessa sekä paineastia ja kattilateollisuudessa. [28.]

### 5.4.1 Ohjelmiston esittely

Kempin edustaja piti esittelytilaisuuden WeldEye-ohjelmistosta Hanasaaren voimalaitoksella. Tilaisuudessa käytiin läpi ohjelmiston rakenne ja sen eri toimintoja. WeldEye toimii pilvipalveluna, joten päivitykset esimerkiksi standardien muuttuessa hoituvat huomattomasti toimittajan puolelta. Pilvipalveluna toimiva ohjelmisto on käytettävissä, miltä tahansa tietokoneella tai älypuhelimella. Kuvassa 14 on WeldEye-ohjelmiston päänäkökymä.



The screenshot shows the WeldEye software interface. At the top, there is a search bar with the text "Hae hitsausohjeita" and "Valitse hakukriteerit tai syötä hakusanoja rajataksesi tulosjoukkoa". Below the search bar, there are several filter tabs: MATERIAALI (Fe, Ss), PROSESSI (MIG/MAG, MMA), TUOTETYYPPI (Plate), DOKUMENTIT (WPS, pWPS, WPQR), and LIITOSMUOTO (FW, BW). A search bar below the filters contains the text "Kirjoita hakusana: nimi, materiaali, aineenpaksuus, hitsausasento, a-mitta...". Below the search bar, there is a section titled "LÖYDETTY 14 DOKUMENTTIA (NÄYTETÄÄN 10)" with a button "LISÄÄ UUSI +". To the right of this section, there is a button "TULOSTA VALITUT (0)" and a link "OHJE". Below this section, there is a table with the following columns: Dokumentti, Nimi, Liitos, Tuotetyyppi, Materiaali, Ryhmä, Paksuus (mm), Halkaisija (mm), and Prosessi. The table contains 10 rows of data, each with a checkbox, a document icon, and a document name.

	Dokumentti	Nimi	Liitos	Tuotetyyppi	Materiaali	Ryhmä	Paksuus (mm)	Halkaisija (mm)	Prosessi
<input type="checkbox"/>	WPS	WPS 135-FW-1	FW	Plate	S235/S275/S355	1.2	3 - 7	500 -	135
<input type="checkbox"/>	WPS	SS t=1,0 FW PB	FW	Plate	316L	8.1	1 - 1		135
<input type="checkbox"/>	WPS	SS t=1,5 FW PB	FW	Plate	316L	8.1	1.5 - 1.5		135
<input type="checkbox"/>	WPS	WPS 111-FW-9	FW	Plate	S235/S275/S355	1.2	6 - 10	500 -	111
<input type="checkbox"/>	pWPS	135-FW-5	FW	Plate	S235/S275/S355	1.2	3 - 7	500 -	135
<input type="checkbox"/>	WPS	SS t=2,0 FW PB	FW	Plate	316L	8.1	2 - 2		135
<input type="checkbox"/>	pWPS	Korjaamo 2017	FW	Plate	S235/S275/S355	1.2			135
<input type="checkbox"/>	WPS	SS t=3,0 FW PB	FW	Plate	316L	8.1	3 - 3		135
<input type="checkbox"/>	WPS	SS t=5,0 FW PB	FW	Plate	316L	8.1	5 - 5		135
<input type="checkbox"/>	WPS	SS t=8,0 FW PB	FW	Plate	316L	8.1	8 - 8		135

Kuva 14 WeldEye päänäkökymä

Ohjelmiston käyttöönotossa Kemppi tarjoaa erillisenä palveluna päivän pituisen käyttökoulutuksen, jossa Kempin edustaja tulee yritykseen pitämään koulutuksen ohjelmiston käytöstä. Kempillä on myös tukipalveluita, joihin voi ottaa yhteyttä, mikäli ohjelmiston käyttämisessä tulee ongelmia tai ohjelmisto ei toimi. Ohjelmiston ostaminen on kertainvestointi, minkä lisäksi jokaisesta käyttäjästä laskutetaan kuukausittain.

Hitsausohjeen laatimiseen tarkoitettu työkalu on WeldEyessä selkeä ja helppokäyttöinen. Varsinaisen hitsausohjeen (WPS) laatiminen alustavan hitsausohjeen (pWPS) pe-

rusteella onnistuu helposti. Suurin osa alustavan hitsausohjeen tiedoista siirtyy varsinaiseen hitsausohjeeseen. Se vähentää virheiden mahdollisuutta sekä nopeuttaa työskentelyä. Alustava hitsausohje jää talteen erilliseen kansioon, josta sen tarvittaessa löytää. Hitsausohjeet saa kätevästi tulostettua suoraan ilman ylimääräisiä klikkauksia. Omien railokuvien tuonti hitsausohjeisiin onnistuu ohjelmistossa olevalla piirtotyökalulla. Kuvassa 15 on esimerkki hitsausohjeen tulosteesta.

HITSAUSOHJE (WPS)

Välitetut standardit

Valmistaja

Pakka

Välitetut WPG:it

Asiakas

Vaativuusdokumentin viite

Hitsausohjeen nimi  
**testi**  
Viite

Revisioiden päivitys  
**21.04.2017**  
Projekt

Revisio  
**0**

**PERUSAINEEN MERKINTÄ**

Nimi/laatu	Perusaineryhmä	Standardi	Toimitusehto	Pakaukset	Halkaisijat
<b>Perusaine A</b>					
<b>Perusaine B</b>					

**LIITOSKUVA**

**HITSAUSJÄRJESTYS**

Liitosmuoto	Tuotetyyppi	Hitsausasento	Poltinikulma [°]	Vapeelangan pituus [mm]	Tekniikka
A-mitta	Juurituki	Puolet	Kerrokset	Rallonvalmistus ja puhdistus	Juurien eväus
Täytelangan merkintä		Voltframipulldio		Silloitukseen Hitsausohje	Aineensitrymismuoto

**HITSAUSPROSESSI**

Hitsausprosessi 1	
Suojakaasu	Ryhmä
Huuhtelukaasu	Ryhmä
Lisäaine	Käppentimi
Luokitus	
Vaaputus	Ennemmälleveys
Hitsauslaitteisto	Nimi

**HITSAUSPARAMETRI**

Palko	Lisäaine Hitsaus- e mm	Hitsaus- prosessi	Langansyöttö- nopeus [m/min]	Virta [A]	Jännite [V]	Virta ja napaisuus	Kuljetus- nopeus [mm/min]	Kaasuvirtaus [l/min]	Lämmöntuonti [kJ/mm]
Lämpökäsittely	Lämpötila	Lämpötilan valvonta	Villipalko	PWHT	Lämpötila	Kesto	Tasausherkutus	Lämpötila	Kesto
		Menetelmä	Ohjeen nro						
									Jäähdytysnopeus

**HUOMAUTUKSET**

**ALLEKIRJOITUKSET**

Laatija

Hyväksyjä

Kuva 15 WeldEyen hitsausohje

Kuvassa 16 on WeldEye-ohjelmistolla täytetty standardin SFS-EN ISO 9601-1 mukainen hitsaajan pätevyystodistus. Kaikki tarvittavat ominaisuudet pätevyystodistusten täyttämiseen ja hallinnointiin löytyvät ohjelmistosta. Standardikirjastosta löytyy dokumenttipohjat tarvittaville standardeille. Ohjelmisto varoittaa vanhaksi menevistä pätevyyksistä ja varoituksen saa myös sähköpostiin. Muistutuksen ajankohdan ja tiheyden pystyy itse valitsemaan.

## HITSAAJAN PÄTEVYYSTODISTUS

ISO 9606-1:2013

Merkintä  
EN ISO 9606-1:2013 135 P FW FM1 S t8.0 PB ss nb sl

### HITSAAJA

Nimi	Syntymäaika ja -paikka	
Tunus	Tunnistamismenetelmä	
Työnantaja		

Todistuksen viitenro

Ensimmäinen myöntämispäivä

Ilmoitetun tarkastuslaitoksen numero

Tarkastaja

Hitsausohjeen numero

Koekappaleiden tunnistus

Työn tuntemus

Ei testattu

	Koekappaleet	Pätevyysalue
Hitsausprosessit	135	135+138
Aineensiiirtymismuoto (kuuma-/sekakaari tai pulssi - oikosulku-GMAW)	Spray	Spray
Tuotetyyppi (levy tai putki)	P	P+T (see 5.3)
Liitosmuoto	FW	FW
Täydentävä plienahitsauskoe	<input type="checkbox"/>	
Perusaineryhmä	1.2	1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+11
Lisäaineen merkinnät	Ok Esab Autrpd 12.51	
Lisäaineen tyyppi	S	135: S+M
Lisäaineryhmä	FM1	FM1+FM2
Virtalaji ja napaisuus	DC+	
Apuaineet		
Suojakaasut	Ar + 18 CO2	
Aineenpaksuus (mm)	8.0	3.0 - ∞
Hitsautumissyvyys, s (mm)		
Putken ulkohalkaisija (mm)		500 - ∞
Hitsausasento	PB	PA+PB
Hitsin yksityskohdat	ss nb	ss nb+ss mb+bs+ss gb+ss fb
Yksipalkokerros/monipalkokerros	sl	sl

### TESTIT

Testin tyyppi	Suoritettu ja hyväksytty	Ei tarvita
Visuaalinen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Radiografia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ultraääni	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Magneettijauhe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tunkeumaneste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Makro/mikro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kovuus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Murtuma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Talivutus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Loviveto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lisätestit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Huomautukset

### VOIMASSAOLOAIKA

Hitsauspäivä	09.03.2017	Voimassaolon jatkamistapa	a	
Väläinen voimassaolopäivä	09.03.2018	Seuraava jatko ennen	09.03.2020	
9.2 Voimassaolon vahvistaminen				
Tyyppi	Päiväys	Jatkettu tähän asti:	Tehtävänimike/titteli	Allekirjoitus
9.2	17.03.2017	09.03.2018		Mikko Suominen

Julkaisupäivä  
09.05.2017

Tarkastuslaitoksen allekirjoitus

Julkaisupaikka  
Lahti

Kuva 16 WeldEyen hitsaajan pätevyystodistus

Menetelmäkoepöytäkirjojen (WPQR) laatiminen onnistui ohjelmistolla niin ikään helposti. WeldEye laskee valmiiksi esimerkiksi lämmöntuonnin syötettyjen hitsausarvojen perusteella. Liitteenä 3 on mallipohjat WeldEyen menetelmäkokeiden dokumenteista, menetelmäkoepöytäkirjasta (WPQR), hitsauskokeen pöytäkirjasta sekä testituloksista. Käyttöoikeuksien rajaaminen ei ohjelmistolla onnistu. Oikeuksia ei pysty rajoittamaan esimerkiksi niin, että WPQR dokumentit näkyisivät vain osalle käyttäjistä tai osalla käyttäjistä olisi vain katseluoikeudet. Myöskään hitsauskoneiden kalibrointitilanteen seuraaminen ei sillä onnistu, koska kalibrointitodistuksia ei pysty skannaamaan ohjelmistoon.

#### 5.4.2 Tiivistelmä ohjelmistosta

WeldEye täytti kaikki ohjelmistolta vaaditut kriteerit. Suomenkielinen käyttöliittymän ulkoasu oli varsin siisti ja vaikutti helppokäyttöiseltä. Tärkeimpien dokumenttien eli hitsaajien pätevyystodistusten, hitsausohjeiden ja tarkastuspöytäkirjojen laatiminen sekä ylläpito onnistuvat ohjelmiston avulla hyvin. Ohjelmisto laskee syötettyjen parametrien perusteella arvot, kuten lämmöntuonnit, ja lomakkeiden esittäytty nopeuttaa työskentelyä. Hyvänä ominaisuutena WeldEye muistuttaa sähköpostiin vanhaksi menevistä pätevyyksistä. Ohjelmistossa ei ole juurikaan turhia valikoita ja vähäisetkin ovat selkeästi esillä, joten sen omaksuminen vaikuttaa helpolta myös ihmisille, jotka eivät ole paljon tietokoneiden kanssa tekemisissä. WeldEyen etu on, että se toimii pilvipalveluna, joten sitä voi käyttää missä tahansa, myös älypuhelimella, mikä on etu esimerkiksi kentällä työskennellessä, jossa tietokoneelle pääseminen ei välttämättä ole mahdollista.

Ohjelmiston kehityskohteena voisi olla mahdollisuus oikeuksien parempaan rajoittamiseen. Esimerkiksi WPQR-dokumentteja hallinnoi vain yksi tai kaksi ihmistä ja dokumentit sisältävät tietoja, joiden leviäminen saattaa antaa kilpailuetua kilpailijoille, joten olisi parempi, jos ylimääräiset ihmiset eivät pääse tarkastelemaan niitä.

Yhteenvedona WeldEystä voidaan todeta, että kyseessä on varsin asiallinen ohjelmisto hitsauksen laadun- ja dokumentoinnin hallintaan. Monipuolinen moduuleista rakentuva kokonaisuus antaa asiakkaalle mahdollisuuden valita sopivan vaihtoehdon tarpeiden mukaan.

## 6 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli tehdä ohjelmistoselvitys ohjelmistoista, joilla Helen Oy:n painelaitehitsauksen työryhmä pystyy parantamaan hitsauksen dokumentointia. Aiemmin käytössä olevilla järjestelmillä dokumentointi ei ollut riittävällä tasolla. Ohjelmistohankinnalla oli ennen kaikkea tarkoitus selkeyttää ja yhtenäistää dokumentointia.

Työ aloitettiin tutustumalla painelaitehitsaukseen voimalaitosympäristössä. Aluksi muodostettiin yleiskuva käytännön toiminnasta tutustumalla erilaisiin työkohteisiin, joita on lukuisia määriä eri voimalaitosalueilla ja lämpökeskuksissa. Tämän jälkeen käytiin läpi teoreettista puolta käsittelemällä painelaitteen määritelmää, olennaisia turvallisuusvaatimuksia sekä luokitteluja. Sen lisäksi paneuduttiin painelaitehitsausta sääteleviin asetuksiin ja direktiiviin sekä työn kannalta olennaisimpiin standardeihin. Painelaitteiden määrittely ja turvallisuusvaatimukset sekä painelaitehitsauksen vaatimukset ovat muuttuneet uuden direktiivin ja asetusten tultua voimaan, joten aiheiden käsittely siltä osin oli tarpeellista. Hitsauksen osalta tutustuttiin hieman siihen, millaisia vaikutuksia teollisella internetillä on ollut hitsausalaan sekä muihin tämän työn kannalta olennaisiin asioihin. Hitsaustekniikkaan ei työssä paneuduttu, koska työtä rajattaessa sitä ei nähty olennaiseksi asiaksi.

Käytännön osuudessa selvitettiin, minkälaisia ominaisuuksia hankittavalta ohjelmistolta haluttiin ja mitkä olivat vähimmäiskriteerit, jotka ohjelmiston oli täytettävä, jotta sen hankintaa voitaisiin harkita. Työn ohjaajana toimi hitsauskoordinaattori, joka tulee olemaan yksi ohjelmiston pääkäyttäjä, joten häneltä saatiin tarkat kriteerit, joiden perusteella ohjelmistoja lähdettiin karsimaan. Hitsausalan tarpeisiin kehitettyjä ohjelmistoratkaisuja löytyi kohtalaisen paljon. Monilta isoilta alan toimijoilta löytyi ratkaisuja, jotka oli tarkoitettu hitsausprosessin hallitsemiseen ja laadunhallintaan, muun muassa hitsien jäljitettävyyden osalta. Hieman yllättäen kriteerit täyttävien ohjelmistojen määrä jäi lopulta kahteen joten vertailu tehtiin WeldEyen ja Hitsari Pron välillä. Ulkomaalaisia ratkaisuja hitsauksen dokumentointiin löytyi huomattavasti enemmän, mutta näitä ei otettu huomioon, koska yhtenä tärkeimpänä kriteerinä oli suomenkielinen käyttöliittymä. Myös tukipalveluiden järjestäminen olisi luultavasti hankalaa, jos yrityksellä ei ole varsinaista jälleenmyyntiä Suomessa. Myös joiltakin ohjelmistoalan yrityksiltä on saatavissa ratkaisuja hitsauksen

laadunhallintaan ja dokumentointiin, mutta niitäkään ei nähty sopivina ratkaisuin yrityksen tarpeisiin.

Vertailu tehtiin siis kahden ohjelmiston välillä, joista molemmat täyttivät tärkeimmät kriteerit. Molemmat ohjelmistot rakentuivat moduuleista, kuten iso osa muistakin nykyisistä hitsauksen hallintaohjelmistoista, joten ne olivat sovitettavissa yrityksen tarpeisiin. Kuten ohjelmistoista tehdyistä tiivistelmistä käy ilmi, niin molemmat vaihtoehdot vaikuttivat esitelytilaisuuksien ja koekäytön perusteella varteenotettavilta vaihtoehdoilta. Käytännön osuudessa päästiin tavoitteeseen, sillä toimeksiantaja päätyi valitsemaan toisen kilpailutettavista ohjelmistoista. Selvityksestä oli siis konkreettista hyötyä toimeksiantajalle, vaikka asetettujen kriteerien vuoksi vaihtoehdot supistuivat kahteen.

Hitsaaminen mielletään monesti varsin perinteiseksi teollisuudenalan osaksi, mutta digitalisaatiota on hitsauksessa ollut jo vuosikymmeniä. Nykyisin järjestelmien kehittyessä ja kilpailun kiristyessä oman toiminnan kehittämiseksi ja tehostamiselle annetaan arvoa. Yksi keino on erilaisten ohjelmistoratkaisujen kehittäminen asiakkaiden tarpeisiin, ja tämän ovat myös hitsausalan yritykset ymmärtäneet. Ohjelmistopuolella löytyy vielä kehittämis- ja kasvuvaraa, varsinkin hitsausprosessien datan hyödyntämisessä, joten tulevien vuosien ja vuosikymmenien aikana tullaan luultavasti näkemään paljon edistystä tämän osalta.

Jatkokehityksenä aiheelle olisi ohjelmiston käyttöönotto yrityksessä. Käyttöönoton yhteydessä opiskeltaisiin ohjelmiston käyttäminen ja siitä voitaisiin järjestää yrityksen sisäinen käyttökoulutus henkilöille, jotka sitä käyttävät. Käyttöönoton ja koulutuksen ohella huolehdittaisiin, että jokainen käyttäjä todella oppii käyttämään ohjelmistoa ja pystyy suorittamaan sillä tehtävät toiminnot tehokkaasti, jotta investointi on kannattava. Lisäksi vanhasta järjestelmästä tulee siirtää hitsaajien, hitsausohjeiden ja muiden asiakirjojen tiedot uuteen järjestelmään.



## Lähteet

1. Helen konserni. 2016. Verkkodokumentti <<https://www.helen.fi/helen-oy/tietoa-yrityksesta/tietoa-meista/organisaatiomme/helen-konserni/>> Luettu 2.3.2017.
2. Energiantuotanto Helsingissä. 2016. Verkkodokumentti. <<https://www.helen.fi/helen-oy/tietoa-yrityksesta/energiantuotanto/>> Luettu 2.3.2017.
3. Jäähdytysenergiaa varastoidaan Esplanadin puiston alla. 2013. Verkkodokumentti. <<https://www.helen.fi/uutiset/2013/jaahdytysenergiaa-varastoidaan-esplanadin-puiston-alla/>> Luettu 2.3.2017.
4. Painelaitteiden kunnossapito. 2004. Verkkodokumentti. <[http://www.tukes.fi/Tiedot/painelaitteet/esitteet\\_ja\\_opaat/painelaiteopas.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedot/painelaitteet/esitteet_ja_opaat/painelaiteopas.pdf)> Luettu 3.3.2017.
5. Valtioneuvoston asetus painelaitteista. 2016. Verkkodokumentti. <<http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20161548>> Luettu 21.4.2017.
6. Suomen standardisoimisliitto SFS. 2015. SFS käsikirja 158 painelaitteet. Helsinki SFS.
7. Uudistettu painelaitedirektiivi tuo uusia velvoitteita painelaitteiden valmistajille. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.tukes.fi/fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/3Painelaitteet/Uudistettu-painelaitedirektiivi-tuo-uusia-velvoitteita-painelaitteiden-valmistajille/>> Luettu 10.3.2017.
8. Hallituksen esitys eduskunnalle painelaitelaiksi. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2016/20160117.pdf>> Luettu 10.3.2017.
9. Maahantuojien ja jakelijoiden vastuu tuotteiden vaatimustenmukaisuudesta kasvaa. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.tukes.fi/fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/Yleiset/Maahantuojien-ja-jakelijoiden-vastuu-tuotteiden-vaatimustenmukaisuudesta-kasvaa/>> Luettu 11.3.2017.

10. Hitsauksen oleelliset standardit. 2016. Verkkodokumentti <<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuoteuutiset/hitsauksentarkeimmatstandardit.html.stx>> Luettu 13.3.2017.
11. Saavalainen, Miika. 2017. Hitsauskoordinaattori, asiantuntija IWE. Helen Oy. Helsinki. Haastattelut 3.3.2017, 17.3.2017 ja 3.4.2017.
12. SFS-EN ISO 9606-1. 2014. Verkkodokumentti. Saatavissa: <<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/9/243352.html.stx>> Luettu 13.3.2017.
13. SFS-EN ISO 15614-1. 2012. Verkkodokumentti. Saatavissa: <<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/184600.html.stx>> Luettu 13.3.2017.
14. SFS-EN 1090-2 + A1. 2012. Verkkodokumentti. Saatavissa: <<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/188382.html.stx>> Luettu 13.3.2017.
15. SFS-EN ISO 3834-1. 2006. Verkkodokumentti. Saatavissa: <<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/3/13571.html.stx>> Luettu 13.3.2017.
16. Veikkolainen, Mikko. 2017 Hitsaustekniikka. 2/1017 1; 6-11.
17. Lukkari, Juha 1997. Hitsaustekniikka – perusteet ja kaarihitsaus. Helsinki: Opetushallitus. Luettu 3.3.2017.
18. Uusi painelaitelaki. 2017 Inspectan koulutusmateriaali.
19. Painelaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2014/68/EU täytäntönpäönön liittyyvä komission tiedonanto. 2016. Verkkodokumentti. <[http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=uriserv:OJ.C\\_.2016.293.01.0001.01.FIN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=uriserv:OJ.C_.2016.293.01.0001.01.FIN)> Luettu 17.3.2017.
20. Helsingin Energia. 2009 Taskutietoa asentajille ja hitsaajille. Helsinki.

21. Sollman, Henry. 2017 Asiantuntija. Helen Oy. Helsinki. Haastattelu 20.3.2017.
22. Hitsari Pro. 2017. Verkkodokumentti. <<http://www.carelsoft.com/fi/index1.html>> Luettu 20.3.2017.
23. Welding production management. 2017. Verkkodokumentti. <<https://www.kemppi.com/en-US/offering/product/welding-production-management/>> Luettu 21.4.2017.
24. Weldindustry. 2017. Verkkodokumentti. <<http://www.weldindustry.com/index.php/about-us-topmenu-34>> Luettu 21.4.2017.
25. Welding procedure and qualification management. 2017. Verkkodokumentti. <<https://www.kemppi.com/fi-FI/tuotteet/tuote/welding-procedure-and-qualification-management/>> Luettu 27.3.2017.
26. Welding quality management. 2017. Verkkodokumentti. <[https://www.weldeye.com/en-US/software/weldeye-functions/welding-quality-management/?pdf=1&lang=fi\\_FI](https://www.weldeye.com/en-US/software/weldeye-functions/welding-quality-management/?pdf=1&lang=fi_FI)> Luettu 27.3.2017.
27. Welding documentation management. 2017. Verkkodokumentti. <<https://www.kemppi.com/fi-FI/tuotteet/tuote/welding-documentation-management/>> Luettu 27.3.2017.
28. Welding production management. 2017. Verkkodokumentti. <<https://www.kemppi.com/fi-FI/tuotteet/tuote/welding-production-management/>> Luettu 27.3.2017.

## Hitsaajan pätevyystodistus



Parrukatu 1-3  
00540 Helsinki  
Tel. +358 9 6171  
Fax +358 9 617 2360

HITSAAJAN PÄTEVYYSTODISTUS  
WELDER APPROVAL TEST CERTIFICATE  
SFS-EN ISO 9606-1 (2013)  
PED 97/23/EY

Työnantaja Employer		Toimipaikka ja yhteyshenkilö Office and contact person		Pöytäkirjan nro Report No.  Valokuva (vaadittaessa) Photo (if required)
Osoite Address		Puhelin Phone		
Hitsaaja (suku- ja etunimi) Welder	Tunnus ID	Syntymäaika ja -paikka Date and place of birth		
Tunnistamistapa Means of identification		Tietopuolinen osaaminen Job knowledge		
Kokeen merkintä Designation <b>SFS-EN ISO 9606-1 (2013)</b>				

## VALVONTA SUPERVISION

MUUTTUJAT PARAMETERS	HITSAUSKOEEN MERKINTÄ / YKSITYISKOHTA WELD TEST DESIGNATION / DETAIL	PÄTEVYYSLUOKA RANGE OF APPROVAL
Hitsausprosessi Welding process		Ks. Ref. 5.2
Kaartinmuoto Transfer mode		Ks. Ref. 5.2
Levy tai putki Plate or pipe		Ks. Ref. 5.3
Liitosmuoto Type of weld		Ks. Ref. 5.4
Perusaineryhmä Parent material group		Ks. Ref. 5.6
Lisäaineryhmä Filler material group		Ks. Ref. 5.5
Lisäainetyyppi Filler material type		Ks. Ref. 5.6
Suojakaasu Shielding gas		-
Apuaineet Auxiliaries		-
Virtatyyppi ja polariteetti Type of current and polarity		-
Aineenpaksuus (mm) Material thickness (mm)		Ks. Ref. 5.7
Putken ulkohalk. (mm) Outside pipe diam. (mm)		Ks. Ref. 5.7
Hitsausasento Welding position		Ks. Ref. 5.8
Hitsin yksityiskohdat Weld details		Ks. Ref. 5.9
Yksi- tai monikerros Single- or multi-layer		Ks. Ref. 5.9
Hitsauspvm Weld date	Kokeen valvoja Examiner	WPS nro WPS No.

## TARKASTUS INSPECTION

Tarkastusmenetelmä Type of test	Suoritettu ja hyväksytty Performed and accepted	Ei vaadittu Not required
Silmämääräinen Visual		
Radiografia tai ultraääni Radiography or ultrasonic		
Murtokoe Fracture		
Talvituskoe Bend test		
Makrohe Macro		
Lisäkoeket Additional test		

## Huomautukset Notes


## HYVÄKSYNTÄ APPROVAL

Palkka Place	
Päivämäärä Date	
Hyväksyjä Approval	
Yritys Company	
Aleksiöjotus Signature	
Pätevyyden jatkamistapa, katso 9.3 Revalidation method, refer to 9.3	
Pätevyyden viimeinen voimassaolopäivä Validity of qualification until	

## VOIMASSAOLON JATKAMINEN PROLONGATION FOR APPROVAL

Pätevyyden jatkaminen seuraavaksi 6 kuukaudeksi (työnantaja, ks. kohta 9.2) Prolongation for approval for the following 6 months (employer, refer to 9.2)	
Päiväys Date	Aleksiöjotus Signature
Voimassaolon jatkaminen seuraavaksi 2 vuodeksi (hyväksyjä, ks. kohta 9.3) Prolongation for approval for the following 2 years (examiner, refer to 9.3)	
Päiväys Date	Aleksiöjotus Signature

17.03.2017

HE\_Hitsaajat\_9606\_1\_2016.xls tulostettu DEKRA Industrial Oyn ohjelmaversiolla Rev. 3

Hitsausohjeen n:o	<u>PWPS</u>	Hyväksymistapa ja asema						
Levy								
Perusaine		Railomuoto:	Palkojärjestys:					
Hitsausmenetelmä								
Hitsausasento								
Railon valmistus ja puhdistus								
Juuren avaus								
Juurituki								
Huom.								
Lisäaineet ja suojakaasut		Työlämpötila						
Lisäaineen luokittelumerkintä		Esikuumennus						
		Palkojen välinen lämpötila						
Lisäaineen kauppanimi		Huom.						
		Jälkilämpökäsittely (PWHT)						
Lisäaineen käsittely	<i>Valmistajan ohjeen mukaan</i>	Menetelmä / ohje						
		Kuumennusnopeus						
Suojakaasu/virtausnopeus		Pitolämpötila ja -aika						
TIG-elektrodi		Jäähtymisnopeus						
Huom. Kaukolämpöhitaajien putkikoe		Huom. Lämmitys: kaasulla, pehmeä liekki						
		Jälkikäsitteily						
		Puhdistus						
		Hionta						
Hitsauksen suoritusarvot								
Palko (N:o)	<u>Hits menetelmä</u>	Lisäaine <u>Halk.</u>	Virtalaji ja napaisuus	Hitsausvirta (A)	Kaarjännite (V)	Kuljetus- nopeus (cm/min)	Palkopituus puikolla (mm)	<u>Hits.- Energia</u> (kJ/cm)
Huom.								
Päivämäärä				Päivämäärä				
Laatija				Työn valvoja				

## WPQR - menetelmäkoepöytäkirja

MENETELMÄKOEPÖYTÄKIRJA  
(WPQR)

WPQR-numero

Testi

Viite

Revision päiväys

21.04.2017

Revisio

0

Valmistaja

Viitattut standardit

Ilmoitettu laitos

Osoite

Vaatusdokumentin viite

Julkaisupäivä

## PÄTEVYYSALUE

Hitsausprosessit		Hitsausprosessityyppi	
Liitostyytit		Hitsausasennot	
 Perusaineryhmät		Perusaineen paksuus [mm]	Putken ulkohalkaisija [mm]
Hitsiaineen paksuus [mm]	A-mitta [mm]	Huomautuksia	
 Kauppanimi		Lisäaineen koko	
Luokitus		Täytelangan merkintä	
 Suojakaasun merkintä		Juurikaasun merkintä	
 Esilämmityslämpötila min.		Palkojen välinen lämpötila [°C]	
 Jälkilämmitys		Hitsin jälkilämpökäsittely	
Aineensiirtymismuoto		Virtalaji ja napaisuus	
Yksipalkko/monipalkko		Lämmöntuonti [kJ/mm]	

## MUUT TIEDOT

Todistan, että testihitsit on valmisteltu, hitsattu ja testattu edellä mainitun normin/testausstandardin vaatimusten mukaisesti.

## WPQR - hitsauskokeen pöytäkirja

## HITSAUSKOKOEN PÖYTÄKIRJA

WPQR-numero  
Testi  
ViiteRevision päiväys  
21.04.2017  
Tarkastuslaitos

Revisio

Valmistaja

Hitsauspäivä

Paikka

Viitattu pWPS

Tarkastaja

Hitsaajat

## PERUSAINEN MERKINTÄ

	<b>Perusaine A</b> Nimi/laatu	Perusaineryhmä	Standardi	Toimitusehto	Paksuus	Halkaisija
	<b>Perusaine B</b> Nimi/laatu	Perusaineryhmä	Standardi	Toimitusehto	Paksuus	Halkaisija

## LIITOSKUVA



## HITSAUSJÄRJESTYS



Liitosmuoto	Tuotetyyppi	Hitsausasento		Poltinkulma [°]	Vapaalangan pituus [mm]	Tekniikka
A-mitta	Juurituki	Puolet	Kerrokset	Railonvalmistus ja puhdistus	Juuren avaus	
Täytelangan merkintä	Volfraamipulkko		Silloituksen hitsausohje		Aineensiiirtymismuoto	

## HITSAUSPROSESSI

<

## HITSAUSPARAMETRIT

Palko	Lisäaine ø mm	Hitsaus- prosessi	Terminen hyötysuhde	Langansyöttö- nopeus [m/min]	Virta [A]	Jännite [V]	Virta ja napaisuus	Kuljetus- nopeus [mm/min]	Kaasuvirtaus [l/min]	Lämmöntuonti [kJ/mm]
-------	------------------	----------------------	------------------------	------------------------------------	-----------	-------------	-----------------------	---------------------------------	-------------------------	-------------------------

## LÄMPÖKÄSITTELY

	Lämpötila	Lämpötilan valvonta	Väilpalko	PWHT Lämpötila	Kesto	Tasaushehkutus Lämpötila	Kesto	Kuumennusnopeus
		Menetelmä	Ohjeen nro					Jäähdytysnopeus

## HUOMAUTUKSET



## ALLEKIRJOITUKSET

Valmistaja	Ilmoitettu laitos
------------	-------------------

## WPQR - testitulokset

### TESTITULOKSET

WPQR-numero

Testi

Viite

Tarkastuslaitos

Visuaalinen

Ei tehty

Magneettijauhe

Ei tehty

Tunkeumaneste

Ei tehty

Radiografia

Ei tehty

Ultraääni

Ei tehty

Lämpötila

#### VETOLUJUUSKOKEET

Vilitatut standardit

Tyyppi/nro	Re N/mm <sup>2</sup>	Rm N/mm <sup>2</sup>	A %	Z %	Murtuman sijainti	Tulokset
Vaatus						

#### TAIVUTUSKOKEET

Vilitatut standardit

Taivutintelan halkaisija

Tyyppi/nro	Taivutuskulma [°]	Venymä	Tulokset
------------	-------------------	--------	----------

#### ISKULUJUUSKOKEET

Tyyppi

Koko

Vaatus [joule]

Loven sijainti/suunta	Lämpötila [°C]	Arvot [joule]			Keskiarvo [joule]	Tulokset
		1	2	3		

#### KOVUUSKOE JA MAKROKOE

Vilitatut standardit

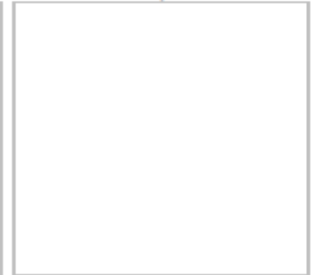
Tyyppi/volma

Hitsilaine

Mittauskohdat (piirustus)

Makrotutkimus (piirustus)

Vaatus	Perusaine	HAZ
1		
2		
Makroskooppinen tutkimus	Mikroskooppinen tutkimus	
Ei tehty	Ei tehty	



Muut testit

Huomautukset

Laboratorioraportin viitenro

Testaus suoritettu seuraavien vaatimusten mukaisesti:

Testaustulokset olivat

☐

Testauksessa läsnä oli

Tarkastuslaitos